

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



**ESCUELA UNIVERSITARIA DE
INGENIERÍA TÉCNICA DE
TELECOMUNICACIÓN**



Proyecto Fin de Carrera

Diseño de Solución Interoperable para Aplicaciones M2M

Autor
Álvaro Palacios Tolón

Tutor
Rafael Herradón Díez

Septiembre 2013



E.U.I.T. TELECOMUNICACIÓN

PROYECTO FIN DE CARRERA PLAN 2000

TEMA: Machine-to-Machine (M2M)

TÍTULO: Diseño de Solución Interoperable para Aplicaciones M2M

AUTOR: Álvaro Palacios Tolón

TUTOR: Rafael Herradón Díez

Vº Bº.

DEPARTAMENTO: DIAC

Miembros del Tribunal Calificador:

PRESIDENTE: Nicolas Saenz Lechón

VOCAL: Rafael Herradón Díez

VOCAL SECRETARIO: Florentino Jiménez Muñoz

DIRECTOR: Julio Echenique Carbonell, Luis Molero Castro

Fecha de lectura:

Calificación: El Secretario,

RESUMEN DEL PROYECTO:

Esta memoria comprende el análisis, diseño y planificación de una arquitectura software para aplicaciones M2M que dé soporte a las distintas necesidades de varias aplicaciones de distintos sectores, siendo este el principal objetivo del proyecto. De esta manera se alcanzará una plataforma horizontal como solución a la falta de alineación entre las aplicaciones que hacen uso de comunicaciones entre máquinas.

Estará dividido en varios apartados. Primeramente se realizará un estudio que explique de manera completa M2M, incluyendo su descripción, arquitectura, características, importancia en el mercado, los retos a hacer frente... Posteriormente se realizará el diseño de la solución capaz de soportar varios sectores, haciendo foco en el sector energético y financiero. Atendiendo a las necesidades de las aplicaciones se desarrollarán un conjunto de funcionalidades y operaciones. El diseño de la plataforma se concluirá con la evaluación de los resultados, comprobando de esta manera que la solución es interoperable en varios sectores y adaptable con el mínimo esfuerzo y coste.

Se concluirá con el proceso a seguir para implementar la arquitectura, atendiendo además al esfuerzo y duración dedicados a su desarrollo.

RESUMEN

La mejora de las tecnologías ha tenido un importante impacto en Internet, así como en el número de usuarios. Este crecimiento sigue en aumento y se estima que en 2020 se alcancen 50 billones de dispositivos conectados a Internet, este impulso es en parte gracias a la interconexión de las “máquinas” entre ellas y con Internet, el concepto denominado M2M. Esta conexión entre dispositivos ofrece la posibilidad de mejorar los servicios dados a los usuarios y crear nuevos. Existen importantes alicientes en la evolución de M2M, sobre todo guiada por la gran cantidad de posibilidades ofrecidas y los beneficios que conllevan, sin embargo la falta de estandarización y horizontalidad se presentan como un problema para el crecimiento e implantación de M2M debido a la gran variedad de “maquinas” conectadas.

El objetivo de este Proyecto Fin de Carrera es diseñar una plataforma que sea capaz de abarcar las funcionalidades que den soporte a las distintas necesidades de varias aplicaciones M2M, consiguiendo una arquitectura software horizontal que reutilice al máximo las funcionalidades comunes entre las aplicaciones cubiertas. De esta manera se presenta una solución a la falta de horizontalidad en las plataformas M2M.

Este Proyecto Fin de Carrera está dividido en varias partes. Se comenzará con una introducción que sitúa en el contexto tecnológico de M2M en forma de estudio de estado del arte, abarcando los principales temas y conceptos relacionados con Machine-to-Machine. Posteriormente se realiza una propuesta de una arquitectura software M2M que permite focalizar los esfuerzos de la misma en un concentrado grupo de sectores y aplicaciones. A continuación se estudian las necesidades de los sectores y aplicaciones seleccionadas y se desarrollan las funcionalidades que incluye la plataforma, de esta manera se alcanza un modelo de arquitectura horizontal que es capaz de cubrir varios sectores. Se estudian los distintos resultados obtenidos en el desarrollo de la plataforma, validando el modelo obtenido con los resultados esperados. Finalmente se enunciarán los próximos pasos a seguir para la implementación de la plataforma.

ABSTRACT

The development of technology has had an important impact on Internet, as well as on the number of users. This growth is increasing and it is estimated to reach 50 billion remotely connected devices by 2020, this momentum is partially due to interconnection between "machines" and their connection with internet, this concept is called M2M. The connection between devices gives the possibility to improve the services offered to users and to create new services. There are important incentives in the M2M evolution, mainly driven by the big amount of benefits offered; however the lack of standardization and horizontalization is a problem for the M2M growth and deployment due to the big variety of connected "machines".

The aim of this Degree Project is to design a platform that will be capable of including the functionalities that will give support to the different needs of several M2M applications, achieving a horizontal software architecture that reuses the common functionalities between the applications supported. This architecture will be presented as a solution to the lack of horizontalization in M2M.

This Degree Project is divided in several parts. It starts with an introduction that will place the reader in state of the art of the M2M technology context, covering the main themes and related concepts. After this introduction, a proposal of a horizontal M2M software architecture will be presented, that will allow to focus the efforts on a group of selected sectors and applications. Then, the needs of sectors and applications will be studied, and the main functionalities will be developed, in this way a model for a horizontal architecture will be reached, that will be able to cover several sectors. The resulting platform will be studied, in order to validate the model obtained with the expected results. Finally, the next steps to implement the platform are described.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quisiera agradecer a mis padres que me han animado durante estos años de estudio haciendo posible que culmine mi carrera sin dejar de apoyarme y confiar en mí ni un solo día. Por el gran sacrificio que han tenido que hacer para que haya podido estudiar y por comprenderme cuando poca gente entendía el esfuerzo que he hecho durante estos años. Sin ellos no estaría hoy donde he llegado. También a mi hermana que con el sacrificio de no venir a Madrid a estudiar nos ha ayudado económicamente. Muchas gracias.

A mi familia, principalmente a mi tía y a mi abuela que han aportado su granito de arena en mis estudios con su generosidad durante mi estancia en Madrid. Espero que algún día os lo pueda devolver de un modo u otro.

Quisiera agradecer a Esther que me ha apoyado en la universidad y fuera de ella desde el día que la conocí, además de la gran comprensión y ayuda que me ha prestado en la realización de este proyecto. Jamás olvidaré todo lo que has hecho y haces por mí.

A mis amigos de la universidad que han sido mi principal apoyo durante largas tardes en la biblioteca y días en los módulos.

A mis compañeros de Ericsson, especialmente a Julio y Luis que me han orientado y guiado durante este proyecto y sin su ayuda, completamente desinteresada, no habría sido posible. A Ana y Alberto que me ofrecieron la oportunidad de trabajar con ellos en Ericsson.

A mis amigos de Toledo que aunque su comprensión no ha sido su punto fuerte han estado presentes y han ayudado a evadirme en ciertos momentos. A Iria que fue importante en el inicio de mi carrera.

Finalmente me gustaría agradecer a Rafael el esfuerzo final que ha tenido que hacer para poder terminar este proyecto.

CONTENIDO

1.	Introducción	2
1.1.	Objetivos del Proyecto	2
1.2.	Motivos para la Realización del Proyecto	3
1.3.	Organización de Contenidos	4
1.4.	Marco de Desarrollo del Proyecto	4
2.	Estudio de Estado del Arte	7
2.1.	Descripción de M2M.....	7
2.1.1.	Características Generales de M2M.....	8
2.1.2.	Características de Dispositivos M2M.....	8
2.2.	Arquitectura de Red M2M	9
2.2.1.	Elementos M2M.....	9
2.2.2.	Dominios de M2M	10
2.2.3.	Etapas de trabajo M2M	11
2.3.	M2M en la Industria.....	11
2.3.1.	Sectores y Aplicaciones	12
2.3.2.	Características de Tráfico	12
2.4.	Evolución tecnológica e industrial de M2M	14
2.4.1.	Origen.....	14
2.4.2.	Etapas de Madurez de la Industria	14
2.4.3.	Aspectos a mejorar en la actualidad	15
2.4.4.	Factores para el Crecimiento de M2M.....	16
2.4.5.	Estandarización	17
2.4.6.	Crecimiento de M2M	19
2.5.	Cadena de valor de M2M	19
2.5.1.	Dispositivos.....	19
2.5.2.	Conectividad de Red	21
2.5.3.	Habilitación de Servicios	22
2.5.4.	Capacidades Específicas	23
2.6.	Conceptos relacionados.....	24
2.6.1.	Internet of Things	24

2.6.1.1.	Retos.....	25
2.6.2.	WSN.....	26
2.6.3.	Big Data.....	27
3.	Propuesta de una Arquitectura Software M2M.....	30
3.1.	Alcance de la Plataforma.....	30
3.1.1.	Criterios de diseño.....	32
3.1.2.	Elección del Sector.....	33
3.2.	Diseño de la Solución.....	38
3.2.1.	Metodología y Desarrollo.....	38
3.2.2.	Fase 1: Estudio del Sector Eléctrico y Desarrollo de Modelo Monosectorial.....	40
3.2.2.1.	Descripción de Smart Grid y Smart Metering.....	40
3.2.2.2.	Descripción de Smart Metering para Electricidad.....	41
3.2.2.3.	Necesidades de Smart Metering para Electricidad.....	45
3.2.2.4.	Desarrollo de Funcionalidades.....	49
3.2.3.	Fase 2: Estudio del Sector de Gas.....	56
3.2.3.1.	Descripción de Smart Metering para Gas.....	57
3.2.3.2.	Necesidades de Smart Metering para Gas.....	60
3.2.4.	Fase 3: Desarrollo del Modelo Intrasectorial.....	61
3.2.5.	Fase 4: Estudio de Sector Financiero.....	67
3.2.5.1.	Descripción de Gestión de Transacciones para TPV.....	67
3.2.5.2.	Necesidades de Gestión Transacciones para TPV.....	68
3.2.6.	Fase 5: Desarrollo del Modelo Intersectorial.....	70
4.	Análisis de Resultados.....	77
4.1.	Modelo Final de la Arquitectura.....	77
4.2.	Análisis del Modelo Intrasectorial.....	80
4.3.	Análisis del Modelo Intersectorial.....	85
4.4.	Conclusión.....	91
5.	Planificación de la Continuidad del Proyecto.....	95
5.1.	Estructura de Evolución de la Arquitectura.....	95
5.2.	Metodología de Desarrollo de la Plataforma.....	96
5.2.1.	Etapas de Desarrollo de Smart Metering para Electricidad.....	98
5.2.1.1.	Cálculo de Puntos Función.....	99

5.2.2.	Etapas de Desarrollo para Smart Metering para gas	103
5.2.3.	Etapas de Desarrollo para Gestión de Transacciones vía TPV	104
Bibliografía		106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arquitectura M2M. [4]	10
Figura 2. Sectores donde se aplica M2M. [18].....	13
Figura 3. Evolución de comunicaciones M2M [8].....	15
Figura 4. Cadena de valor M2M.	19
Figura 5. Mota de Libelium. [9].....	20
Figura 6. Modelo de negocio.....	23
Figura 7. Arquitectura de red de WSN.....	27
Figura 8. Dimensiones de Big Data [15].....	28
Figura 9. Plataforma basada en diseños verticales.	30
Figura 10. Plataforma basada en la horizontalización.....	31
Figura 11. Estructura de los sectores.....	31
Figura 12. Plataforma basada en horizontalización, intrasector e intersector.	32
Figura 13. Ingresos por M2M [18].....	36
Figura 14. Elección de sectores y aplicaciones específicas.....	37
Figura 15. Flujo de desarrollo de la plataforma.	39
Figura 16. Planificación para diseño de la plataforma.	40
Figura 17. Curva de demanda eléctrica diaria. [22]	42
Figura 18. Arquitectura de Smart Metering para electricidad.....	42
Figura 19. Capas de la arquitectura software M2M.	49
Figura 20. Funcionalidades del nivel 1 para modelo monosectorial.....	51
Figura 21. Funcionalidades del nivel 2 para modelo monosectorial.....	54
Figura 22. Grupos funcionales del modelo.	55
Figura 23. Instalación de aplicación para medida de gas. [27]	57
Figura 24. Instalación de aplicación residencial de múltiples viviendas. [27].....	58
Figura 25. Arquitectura de Smart Metering para gas.	59
Figura 26. Funcionalidades del nivel 1 para el modelo intrasectorial.....	62
Figura 27. Funcionalidades del nivel 2 para modelo intrasectorial.....	66
Figura 28. Arquitectura de Gestión de transacciones bancarias mediante TPV.....	68
Figura 29. Funcionalidades del nivel 1 para el modelo intersectorial.....	70
Figura 30. Funcionalidades del nivel 2 para modelo intersectorial.....	75
Figura 31. Funcionalidades de la plataforma del modelo final. Reusabilidad del Modelo Intrasectorial.....	77
Figura 32. Volumen de grupos de operaciones de la plataforma del modelo intrasectorial.....	84
Figura 33. Volumen de operaciones de Smart Metering electricidad y gas. Modelo intrasectorial.....	85
Figura 34. Volumen de grupos de operaciones de la plataforma del modelo intersectorial.....	90
Figura 35. Volumen de operaciones del modelo intrasectorial.	91
Figura 36. Validación de resultados obtenidos frente a los estimados. Modelo intrasectorial.....	92
Figura 37. Validación de resultados obtenidos frente a los estimados. Modelo intrasectorial.....	93
Figura 38. Línea de desarrollo de la plataforma.....	95
Figura 39. Planificación de desarrollo de la arquitectura software M2M.	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Modelos de tráfico según la aplicación. [5]	12
Tabla 2. Atajo a los problemas de M2M.	17
Tabla 3. Tecnologías y estándares para M2M Area Network.	20
Tabla 4. Adaptabilidad de los sectores a la plataforma.	36
Tabla 5. Operaciones de Gestión de dispositivos de comunicación. Modelo monosectorial.	51
Tabla 6. Operaciones de Gestión de comunicaciones. Modelo monosectorial.	52
Tabla 7. Operaciones de Gestión de la información de negocio. Modelo monosectorial.	55
Tabla 8. Operaciones de Gestión de terminales específicos. Modelo monosectorial.	56
Tabla 9. Operaciones de Gestión de terminales específicos. Modelo intrasectorial.	64
Tabla 10. Operaciones de Gestión de la información de negocio. Modelo intrasectorial.	66
Tabla 11. Operaciones de Gestión de terminales específicos. Modelo intersectorial.	72
Tabla 12. Operaciones de Gestión de la información de negocio. Modelo intersectorial.	74
Tabla 13. Operaciones de Gestión de dispositivos de comunicación. Modelo final.	78
Tabla 14. Operaciones de Gestión de comunicaciones. Modelo final.	78
Tabla 15. Operaciones de Gestión de terminales específicos. Modelo final.	79
Tabla 16. Operaciones de Gestión de la información de negocio. Modelo final.	80
Tabla 17. Análisis de operaciones de Gestión de terminales específicos. Modelo intrasectorial. ...	82
Tabla 18. Análisis de operaciones de Gestión de la información de negocio. Modelo intrasectorial.	83
Tabla 19. Análisis de operaciones de Gestión de terminales específicos. Modelo intersectorial. ...	87
Tabla 20. Análisis de operaciones de Gestión de la información de negocio. Modelo intersectorial.	88
Tabla 21. Factores aplicados según la complejidad y el parámetro.	99
Tabla 22. Cálculo de Puntos de Función sin ajustar.	101
Tabla 23. Cálculo de Ajuste del Esfuerzo.	102

LISTA DE ACRÓNIMOS

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Loop
AMI	Advanced Metering Infrastructure
AMM	Automatic Meter Management
AMR	Automatic Meter Reading
ATM	Automated Teller Machine
BPL	Broadband over Power Line
CPE	Customer-Premises Equipment
CWMP	CPE WAN Management Protocol
DALI	Digital Addressable Lighting Interface
DC	Data Concentrator
DCP	Device Connection Platform
DLMS	Device Language Message Specification
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communications
HAN	Home Area Network
HSPA	High Speed Packet Access
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
IHD	In-Home Display
IP	Internet Protocol
IPv6	Internet Protocol version 6
LTE	Long Term Evolution
M2M	Machine-to-Machine
MAC	Media Access Control
M-Bus	Metering Bus
MDM	Meter Data Management
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MOC	Meter Operation Center
MP	Metering Point
OBIS	OBject Identification System

OMA-DM	Open Mobile Alliance- Device Management
OSI	Open Systems Interconnection
PDA	Personal Digital Assistant
PLC	Power Line Communication
POS	Point Of Sale
RFID	Radio-Frequency Identification
RPC	Remote Procedure Call
SNMP	Simple Network Management Protocol
SOAP	Simple Object Access Protocol
TPV	Terminal Punto de Venta
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
WAN	Wide Area Network
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WSAN	Wireless Sensor and Actuator Network
WSN	Wireless Sensor Network
XML	eXtensible Markup Language

Capítulo 1:

Introducción

1. Introducción

En las últimas décadas ha aumentado considerablemente el número de dispositivos conectados a Internet llegando a ser 9.600 millones a finales de 2012, según las estimaciones de IMS Research, de los cuales al menos un 75% se tratan de smartphones, tablets, ordenadores personales y equipos de electrónica de consumo [1]. Además se estima que este crecimiento será aún mayor alcanzándose 50.000 millones de dispositivos conectados para el año 2020, según las predicciones de algunas empresas dedicadas a las telecomunicaciones como Ericsson y Cisco [2].

Uno de los factores que puede influir en este crecimiento es el desarrollo de nuevas tecnologías, entre las cuales tendrá gran importancia el despliegue de IPv6, como la próxima generación de redes celulares, LTE, y las comunicaciones Machine-to-Machine (M2M).

La nueva versión del protocolo IP favorecerá al aumento del número de dispositivos conectados a Internet ya que IPv6, entre otras mejoras, aumenta el rango de direccionamiento notablemente. Así como la versión 4 se encuentra limitada por un máximo 4.294 millones de direcciones, insuficiente dado el rápido crecimiento de Internet, IPv6 amplía hasta 340 sextillones de direcciones únicas.

Otro de los factores es la implantación de nuevas redes celulares, como LTE y LTE-Advanced, que disponen de altas velocidades de descarga, mayor cobertura y menor la latencia. Todo esto incentivará el consumo de dispositivos como tablets, móviles y portátiles. A su vez, favorecerá a las comunicaciones M2M que se apoyarán, la mayoría, en estas redes celulares.

Finalmente, las comunicaciones Machine-to-Machine tendrán gran repercusión, estimándose que para 2020 más de la mitad de los dispositivos conectados a Internet se tratarán de vehículos, terminales punto de venta electrodomésticos, contadores inteligentes, así como sensores y otros aparatos que conformarán el Internet of Things.

1.1. Objetivos del Proyecto

Primeramente, en este Proyecto Fin de Carrera se pretende profundizar en las comunicaciones entre máquinas, investigando en qué consisten, en qué estado se encuentra este nuevo concepto de comunicaciones, que sectores pueden beneficiarse de sus servicios y de qué manera.

Posteriormente se diseñará una arquitectura software horizontal y agnóstica para comunicaciones M2M capaz de soportar diversas aplicaciones de distintos sectores. Se determinarán los sectores que se utilizarán para el desarrollo de la plataforma, cuyas necesidades y características se tendrán en cuenta para el mismo. El diseño de la arquitectura se realizará estructuradamente en diferentes fases para alcanzar de manera óptima la finalidad del proyecto, una solución que sea interoperable en distintos sectores y aplicaciones.

A continuación se analizarán los resultados obtenidos y de esta manera comprobar el grado de interoperabilidad de la plataforma en los diversos sectores escogidos. Se concluirá con una propuesta de planificación de implementación del software descrito en la plataforma

1.2. Motivos para la Realización del Proyecto

Existen dos hechos principales que auguran un importante futuro a las comunicaciones M2M y que aumentarán su relevancia en gran cantidad de sectores: el primero, y más importante, es el creciente interés y necesidad de las empresas de conectar sus máquinas para conseguir en algunos casos mayor control y eficiencia, en otros mayor capacidad de generación de ingresos y fidelización de clientes, y en última instancia cumplir con sus objetivos de responsabilidad social corporativa; en segundo lugar, se observa una aceptación por parte de los operadores que comienzan ya a ofrecer servicios dedicados a comunicaciones Machine-to-Machine.

Este nuevo modelo de comunicaciones abre un amplio abanico de posibilidades en multitud de sectores, que lleva a modelos más inteligentes donde se aprovechan mejor los recursos disponibles, como es el caso de las Smart Grids, se mejora la calidad de vida de los usuarios, como e-Health, y ofrece ventajas para la administración de ciertas compañías, como el control de flotas. En definitiva, conduce a un futuro donde todo se encuentra interconectado y se gestiona de manera más eficiente, llegando a alcanzar el concepto de Ciudades Inteligentes.

Por estos motivos considero que las comunicaciones M2M tienen un futuro prometedor y provocará, e incluso ya lo hace, una gran cantidad de inversiones para el desarrollo de tecnologías, estándares, productos y servicios.

1.3. Organización de Contenidos

El documento se dividirá en capítulos agrupados según su contenido:

- Capítulo 1. Una introducción a este Proyecto Fin de Carrera, describiendo los objetivos que se pretenden alcanzar, como se estructurarán los contenidos y los motivos que llevan a la realización del proyecto.
- Capítulo 2. Un estudio del estado del arte en el contexto de M2M, que permite observar la actual situación de M2M desde diversos puntos, como: estándares desarrollados, industrias que hacen uso de M2M, la cadena de valor, otros conceptos relacionados, etc.
- Capítulo 3. Se enunciará el propósito de la arquitectura software M2M propuesta, definiendo los criterios de diseño y la elección de los sectores y aplicaciones que van a ser soportados por la plataforma. En base a las conclusiones obtenidas se podrá comenzar con la estructuración del proceso de diseño de la plataforma para obtener de manera coherente los resultados deseados. Finalmente, se realizará el desarrollo de la arquitectura software M2M propiamente dicho, siempre teniendo en cuenta los sectores a los que se dará soporte y que se desea un alto grado de interoperabilidad.
- Capítulo 4. Se analizará el resultado obtenido en el Capítulo 3, una plataforma interoperable para diversos sectores previamente escogidos. En éste capítulo se estudiará el grado de interoperabilidad que se ha conseguido durante el desarrollo y de esta manera comprobar si se han alcanzado, y en qué grado, los objetivos de este Proyecto Fin de Carrera.
- Capítulo 5. Se propondrá una planificación estructurada en diferentes etapas, de acuerdo con una metodología de desarrollo de software, que permita estructurar las siguientes tareas a realizar para alcanzar la implementación completa de la plataforma.

1.4. Marco de Desarrollo del Proyecto

Para la realización de este Proyecto Fin de Carrera he empleado los conocimientos adquiridos durante el tiempo que he estado trabajando como becario en Ericsson. La experiencia en diversos proyectos comerciales y de innovación, en el desarrollo de

sistemas M2M y soluciones de comunicaciones máquina-a-máquina, me han permitido alcanzar el objetivo propuesto para este proyecto.

Capítulo 2:

Estudio del Estado del

Arte

2. Estudio de Estado del Arte

2.1. Descripción de M2M

Se trata de un concepto genérico que hace referencia a las tecnologías que permiten el intercambio (bidireccional) de información entre máquinas remotas, sin necesidad de intervención humana, utilizando para ello las comunicaciones inalámbricas o cableadas. Los dispositivos que mandan y reciben información pueden ser desde pequeños sensores, capaces de realizar medidas e informar de estas a otros sensores o a las estaciones que manejan los datos, hasta vehículos inteligentes capaces de tomar sus “propias” decisiones. Además de las comunicaciones entre dispositivos, M2M engloba a los componentes hardware (como sensores que recogen información o módulos de comunicaciones integrados en dispositivos cotidianos), middleware (componentes software que actúan como intermediarios ante otros componentes software) y software que permiten desarrollar los servicios y aplicaciones M2M.

El acrónimo M2M tiene múltiples acepciones como: Machine-to-Mobile, Mobile-to-Machine, Man-to-Machine, Machine-to-Man... A lo largo de este proyecto se hará alusión al significado Machine-to-Machine. En algunas ocasiones puede hacerse referencia a este tipo de comunicaciones con el acrónimo M2CN2M, que significa Machine-to-Communication Network-to-Machine.

Éste tipo de comunicaciones está basado en dos observaciones fundamentales: las máquinas conectadas entre sí son más valiosas que las que se encuentran incomunicadas; cuándo muchas máquinas se interconectan se pueden crear aplicaciones más autónomas e inteligentes. Según estos principios se puede apreciar que gracias a estas comunicaciones se potenciarán las capacidades de los dispositivos que ofrecerán nuevos servicios y mejorarán los ya existentes.

Como se apreciará en próximos apartados, existen sectores donde se están haciendo importantes avances para incluir M2M, intentando subsanar los problemas derivados de su aplicación y en otros se investiga cómo éstas pueden ser beneficiosas.

A pesar de que necesidad de conectar las máquinas no sea algo nuevo, existente desde mediados del siglo pasado, no ha sido posible su utilización debido al limitado grado de desarrollo de muchas de las tecnologías que lo hacen posible. Así, la evolución que han sufrido las redes, los dispositivos y el software, junto con el abaratamiento del coste, permiten que aquellas soluciones que hace unos años eran inviables ahora sean una realidad.

2.1.1. Características Generales de M2M

Las características de M2M definen las necesidades y requisitos que tanto las redes, encargadas de interconectar los componentes, como de las aplicaciones deben cumplir:

- **Multitud.** El incremento en el número de dispositivos es la característica más importante. Acomodar muchos terminales supone un problema, las redes actuales tienen una limitada escalabilidad ya que no fueron diseñadas para este propósito. Además, impone gran presión y restricción a las redes que tienen que transportar el tráfico y para las aplicaciones, que tienen que procesar una gran carga de datos.
- **Variedad.** Existe una gran cantidad de posibles aplicaciones y con ello una gran cantidad de dispositivos diferentes que den soporte a los servicios, por lo tanto habrá una gran diversidad en cuanto a requisitos en las condiciones de intercambio de datos, el factor de forma, el procesamiento o las capacidades de la comunicación. De esta característica deriva uno de los mayores obstáculos de M2M, la heterogeneidad en sus componentes, que requiere de un alto grado de interoperabilidad y estandarización en las redes y sus aplicaciones.
- **Invisibilidad.** Los dispositivos deben de trabajar con una mínima o nula intervención humana, esta característica es importante en muchas de las aplicaciones M2M. Como resultado, el control de dispositivos se convierte en una parte clave de la gestión del servicio y la red, sin la cual la disponibilidad de ambas se puede ver comprometida.
- **Importancia.** Algunas aplicaciones tienen como fin la seguridad de los usuarios o de las infraestructuras y, por lo tanto, los elementos por los que están formados son críticos.
- **Intrusismo.** Muchos de los dispositivos están diseñados para manejar y gestionar datos de usuarios que, en ocasiones, pueden ser personales y delicados. De esta manera, entra en juego la privacidad, que se presenta como un obstáculo para el futuro de M2M.

2.1.2. Características de Dispositivos M2M

Los dispositivos finales de las redes M2M no son aparatos nuevos, si no que mayoritariamente se tratan de dispositivos ya existentes que ha sido modificados para soportar las capacidades de M2M. Tales dispositivos se caracterizan por:

- **Funcionalidad limitada.** Hay muchos dispositivos que tienen baja capacidad de procesamiento, normalmente menor que un Smartphone.

- Bajo consumo. Algunos dispositivos están conectados a la red eléctrica sin embargo hay una gran cantidad que no lo está, normalmente porque se encuentran al aire libre y tienen pocas posibilidades de estar conectado a una fuente de alimentación estable.
- Embebidos. Muchos dispositivos son desplegados en sistemas con condiciones de operación específicas y por lo tanto es difícil hacer cambios en el sistema sin que esto tenga un importante impacto sobre el mismo.
- Ciclo de vida. Es importante garantizar el mayor tiempo de vida posible de los dispositivos desplegados en campo, en muchos casos varias decenas de años.

2.2. Arquitectura de Red M2M

Para definir la arquitectura de red se dispondrá de los elementos que la forman y los dominios de red que crean estos elementos. Además, existen etapas que describen las operaciones llevadas a cabo, siendo éstas iguales independientemente de la función que deba cubrir el sistema.

2.2.1. Elementos M2M

Basándose en los elementos que aparecen en las comunicaciones M2M, el European Telecommunications Standards Institute (ETSI) ha definido la arquitectura de éste tipo de redes, se encuentra representada en la Figura 1. Es una estructura compuesta de cinco partes [3] [4]:

- Dispositivos. Se tratan de dispositivos inteligentes con capacidad de recoger, transmitir y recibir información. En la mayoría de los casos, se tratan de aparatos cotidianos que se les dota de inteligencia a través de módulos de control, que tienen como tarea principal el envío y recepción de los datos que generan las máquinas. Estos módulos son elementos hardware y software que pueden estar integrados en él.
- Gateway. Actúa como intermediario entre redes y proporciona conexión entre dispositivos de una misma red y de distintas redes. Además, este elemento gestiona el tráfico a través de la elección de las mejores rutas para transmitir la información.
- M2M area network. Esta red está formada por los dispositivos inteligentes y los Gateways. Se observan ejemplos de este tipo de redes en tecnologías como Zigbee, Bluetooth, WiFi...

- Redes de comunicaciones. Logran la comunicación entre los Gateways y las aplicaciones finales. Tecnologías como GPRS, 3G, WiMAX, etc. son ejemplos de estas redes.
- Aplicaciones. Elemento de la arquitectura encargado del procesamiento y tratamiento de la información suministrada por los dispositivos que ofrecerá los servicios a los usuarios finales. Las aplicaciones serán albergadas en centros de control desde donde se gestionarán las máquinas.

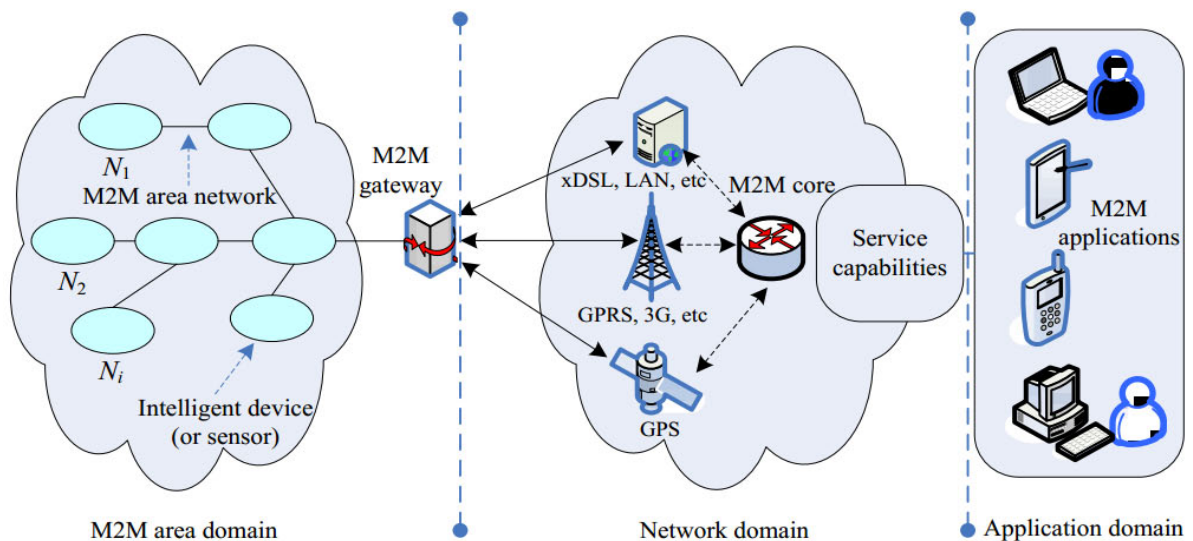


Figura 1. Arquitectura M2M. [4]

2.2.2. Dominios de M2M

Atendiendo a la arquitectura de cinco partes desarrollada por ETSI, representada en la Figura 1, se aprecian los siguientes dominios:

- Dominio de área M2M. Está formado por la M2M area network, los dispositivos inteligentes y el Gateway. Tanto el número variable de nodos (desde unos pocos dispositivos hasta vastas cantidades de éstos) como de Gateways dependen de la dimensión y complejidad de la aplicación a la que se pretende dar soporte.
- Dominio de red. Formado por los elementos de la red de comunicaciones que se utilizará para el envío de la información de manera fiable y, a ser posible, a un bajo coste. Las operaciones que se llevan a cabo en este dominio dependen estrechamente de la tecnología y red utilizadas.
- Dominio de aplicación. Es la parte donde se almacena la lógica del sistema, está formado por el centro de control, que tiene una gran importancia en el escenario M2M, y los usuarios que hacen uso de la aplicación.

2.2.3. Etapas de trabajo M2M

Aunque normalmente cada aplicación M2M tendrá sus etapas de funcionamiento, existen cuatro etapas básicas que suelen ser comunes a distintas aplicaciones:

- Etapa de recogida de datos. Se lleva a cabo la recolección de información, que puede tener distintos orígenes dependiendo de la aplicación y servicio. Por ejemplo, puede recoger información del medio donde se encuentra, información del estado del propio dispositivo, información de las operaciones que lleva a cabo, etc.
- Etapa de transmisión de datos a través de la red. Atendiendo a la arquitectura de la red existen dos redes visiblemente diferenciadas y separadas por el Gateway, la etapa de transmisión de datos engloba el tráfico de las ambas. Desde que la información es transmitida por el dispositivo final hasta que es recibida por la aplicación; desde que la respuesta es emitida por la aplicación hasta que llega al dispositivo.
- Etapa de valoración de los datos. Los datos recibidos por el centro de control, son evaluados y almacenados.
- Etapa de respuesta a la información disponible. Se generan respuestas en consecuencia a los datos recibidos en el centro de control. Puede no existir respuesta a los datos recibidos en caso de no ser necesario o puede ser una respuesta dirigida a un elemento externo de la red M2M, en forma de alarma o de informes.

Cabe recordar que, en un extenso número de casos, las aplicaciones M2M permiten comunicaciones bidireccionales facilitando no solo la monitorización, si no el control remoto de dispositivos que permite realizar operaciones especiales.

2.3. M2M en la Industria

La transcendencia que las comunicaciones entre máquinas pueden llegar a tener en el mundo real es muy extensa. Existen multitud de áreas donde éstas podrían aportar grandes beneficios, proporcionando nuevos servicios y mejorando la calidad de los servicios ya existentes.

Hoy en día, ya hay sectores donde se utiliza M2M, que facilita la gestión de multitud de dispositivos, agiliza operaciones y ahorra costes de operación y despliegue. Sin embargo, en la actualidad también hay sectores donde aún no es posible su implantación, principalmente debido a la rigidez de ciertos sistemas.

2.3.1. Sectores y Aplicaciones

Hay una gran cantidad de casos con éxitos dispares hasta la fecha, algunos de ellos nunca han sido desarrollados, de otros existen prototipos de prueba, algunas implementaciones e incluso despliegues comerciales. En la Figura 2 se observan multitud de sectores donde se aplicarán las tecnologías M2M para dotar de inteligencia a los servicios que prestan, así como el grupo de aplicaciones que se beneficiarán de éstas y los dispositivos donde se implementará su uso. Cada una de las aplicaciones mostradas en la Figura tendrá unas características distintas, además el tráfico transportado será de distinto tipo, como se verá en la Sección 2.3.2.

2.3.2. Características de Tráfico

Aunque las aplicaciones pueden tener modelos y características de tráfico muy desiguales se pueden definir unos genéricos que se ajustan a una gran cantidad de casos. Los modelos de la Tabla 1 relacionan el tipo de tráfico con algunas funcionalidades y ejemplos de aplicaciones donde se pueden aplicar.

Funcionalidad	Tipo de tráfico	Aplicaciones
Recopilación de datos	A ráfagas y periódico	Telemedicina, telemetría, vigilancia de infraestructuras remota, control de aforos, control de stocks, etc.
Control remoto	Ocasional y en pequeñas unidades	Control de acceso a recintos, operación remota de máquinas e instalaciones, etc.
Configuración remota	Ocasional y de gran tamaño	Sistemas de control en ubicaciones remotas
Supervisión remota	Periodicidad y volumen de datos variable	Aplicaciones de vigilancia y transmisión de alarmas remotas
Presentación de datos	A ráfagas con gran latencia y grandes cantidades de datos	Paneles digitales y señalización remota

Tabla 1. Modelos de tráfico según la aplicación. [5]

Como se aprecia en la Tabla 1 hay una alta diversidad de modelos de tráfico, desde bajos volúmenes de datos hasta grandes volúmenes, con diversos requisitos en cuanto a velocidad, latencia y robustez. Esta variedad hace imposible la elección de una tecnología concreta para el intercambio de información que sea común a todas las aplicaciones, de modo que se escogerán sistemas de comunicaciones distintos según las necesidades.

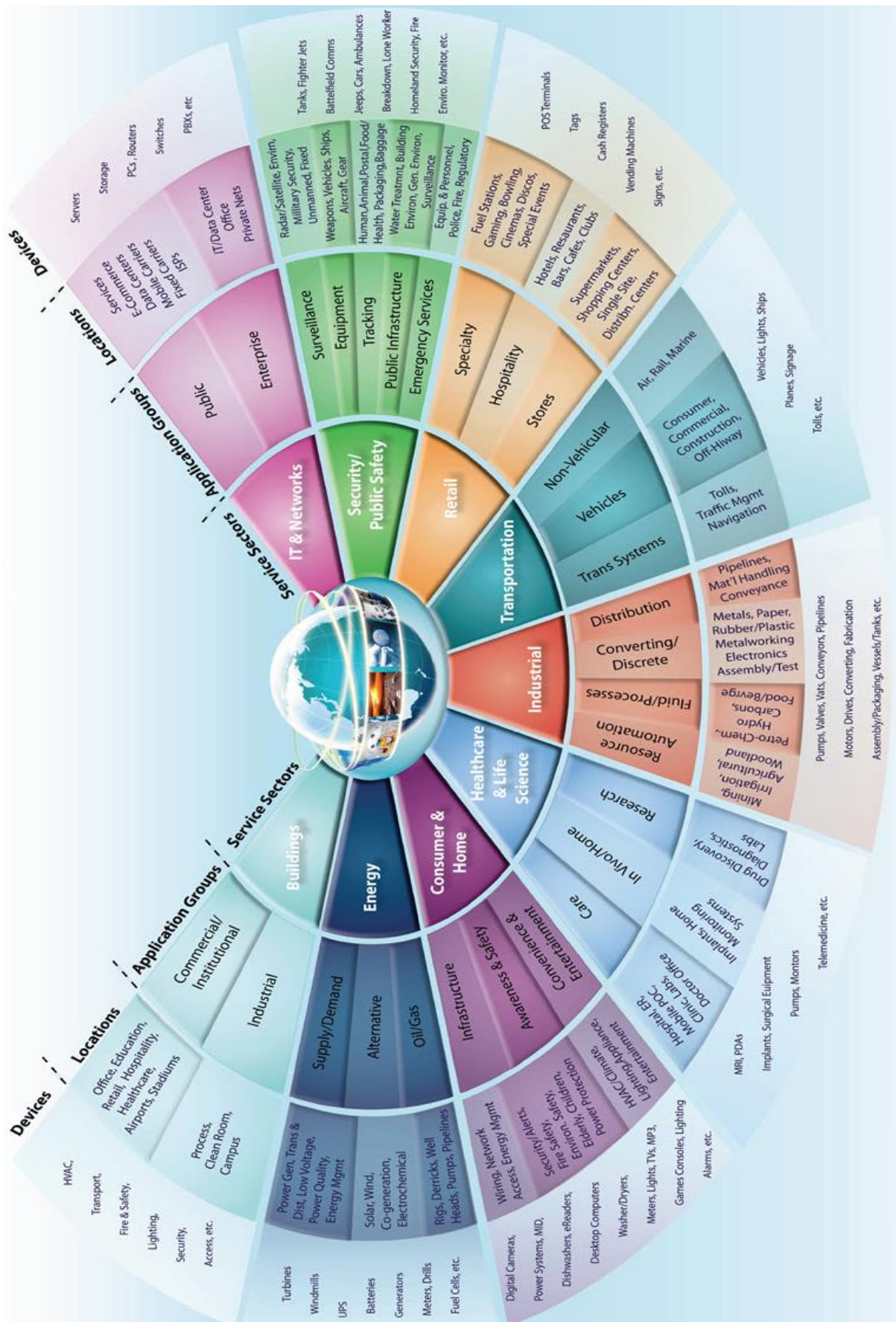


Figura 2. Sectores donde se aplica M2M. [18]

2.4. Evolución tecnológica e industrial de M2M

2.4.1. Origen

Las comunicaciones M2M surgen de la telemetría que es utilizada para la medida y transmisión de datos remotamente a través de cable, radio o cualquier otra. A simple vista se puede apreciar una gran e incluso absoluta similitud entre ambas, sin embargo existen diferencias fundamentales entre ellas tanto en aspectos tecnológicos como industriales.

Desde el punto de vista tecnológico, la principal diferencia se concentra en la transmisión de la información: mientras que en M2M las comunicaciones son a través de redes existentes como las celulares, redes de sensores inalámbricos e Internet, la telemetría utiliza sus propias señales radio aleatorias. [6] Además M2M genera mayores cantidades de información, con lo que se hace especial hincapié en la estructuración de la información de manera que sea legible y útil para sus usuarios.

Por otro lado, observando los aspectos industriales existen notables diferencias sobre todo en el alcance de cada una de ellas. La telemetría se centra únicamente en la recogida de datos de máquinas remotas para tener constancia de lo que ocurre en el entorno, siendo su objetivo principal la monitorización. Sin embargo, M2M eleva esta monitorización a un grado superior, los datos recogidos del medio son utilizados, tratados y compartidos entre distintos servicios para mejorar la calidad de los productos que se ofertan, ofreciendo más comodidades al usuario y más facilidades a la empresa, y abriendo la puerta al desarrollo de nuevos ecosistemas donde los distintos actores interactúen para ofrecer nuevos servicios de valor añadido a los usuarios. M2M alcanza más sectores que la telemetría ya que es capaz de mejorar los servicios ya existentes.

2.4.2. Etapas de Madurez de la Industria

Principalmente el estado de despliegue se estima que tenga una duración de unos 20 años y se puede dividir en tres etapas [7]:

- Fase emergente de M2M; centrada en el desarrollo de las redes celulares y sus aplicaciones se focalizan en la monitorización como el control de flotas, y en servicios Business-to-Business (B2B), diseñados para aportar información y servicios a las empresas. Además aparecerán nuevos modelos de negocio.
- Fase de transición; se desarrollará gran parte del mercado M2M, especialmente las aplicaciones Business-to-consumer (B2C), aquellas que prestan servicios e

información a los clientes finales, y en las business-to-business-to-consumer (B2B2C), aquellas que ofrecen servicios a empresas y éstas a usuarios. Además se experimentará un crecimiento en el entorno de redes inalámbricas no celulares y la aparición de soluciones horizontales entre diversos mercados.

- Fase de progreso; una vez se encuentre ampliamente desplegadas las comunicaciones M2M se observarán ingresos por parte de las empresas, provenientes de las aplicaciones B2C.

En la actualidad se ha experimentado un importante incremento del número de comunicaciones M2M, que se ve reflejado en el número de líneas telefónicas dedicadas a este fin. La Figura 3 muestra gráficamente el aumento de líneas dedicadas a M2M en España, existiendo actualmente ofertas de los operadores para estas comunicaciones. Atendiendo a las tres etapas de madurez, el estado de desarrollo de M2M se encuentra entre la fase emergente y la fase de transición, existiendo algunos aspectos que es necesario alcanzar y mejorar para que continúe el despliegue de M2M.

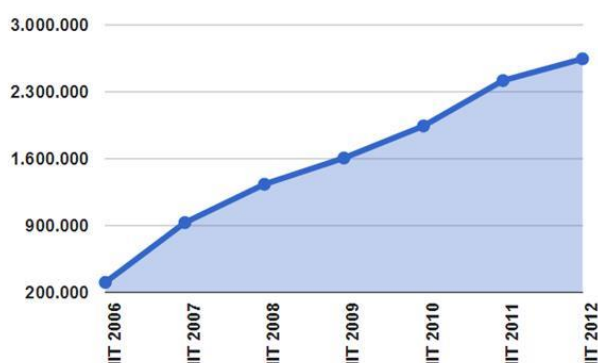


Figura 3. Evolución de comunicaciones M2M [8]

2.4.3. Aspectos a mejorar en la actualidad

Existen ciertos aspectos que es necesario mejorar para permitir la evolución de M2M. Los retos a solucionar son los siguientes [7]:

- Fragmentación de soluciones. En la gran mayoría de los casos las soluciones M2M que se desarrollan para los sectores son verticales, aplicaciones específicas para cada sector, y por lo tanto existe una gran fragmentación. Esta “verticalización” de las aplicaciones provoca que las inversiones realizadas no puedan ser reutilizadas, lo que impacta de manera directa al caso de negocio de las comunicaciones M2M y limita de manera severa su universalización.

- Falta de alineamiento en la red. Las redes que en principio fueron creadas para ofrecer servicios de voz y datos en grandes cantidades para menos dispositivos están siendo utilizadas para comunicaciones M2M, que poseen características muy diferentes a éstas en algunos casos. Un ejemplo son las redes celulares, las cuales no fueron diseñadas para dar soporte a una cantidad tan grande de dispositivos que transmiten poca información eventualmente, además de que algunos de éstos no necesitan el servicio de roaming puesto que son equipos fijos.
- Seguridad. Como ya se habló en el Punto 2.1.1, algunas aplicaciones M2M son críticas para garantizar la seguridad de los usuarios. La seguridad, tanto física como lógica, así como la seguridad en la disponibilidad de las comunicaciones, es por lo tanto un aspecto crucial para el desarrollo de M2M.
- Privacidad. Las aplicaciones pueden tratar con datos personales de los usuarios, que no deben de ser vulnerados y debe garantizarse la integridad de los mismos.
- Capacidades de servicio. Es necesario definir las capacidades del servicio en los distintos sectores, ya que a pesar de existir ciertas similitudes habrá diferencias.
- Pruebas y certificación. Un gran número de soluciones M2M se desarrollarán fuera de los servicios tradicionales, siendo necesario realizar pruebas para asegurar la interoperabilidad con otros sistemas y servicios.

2.4.4. Factores para el Crecimiento de M2M

Las principales vías para atajar los retos anunciados en el punto anterior son:

- Marcos de trabajo de alto nivel. La creación de un conjunto de arquitecturas, tecnologías y plataformas basadas en estándares que permitan desarrollar aplicaciones no enfocadas a un solo área o sector, si no que den soporte a varias aplicaciones al mismo tiempo. Esto supone un cambio en el modelo de negocio de M2M, dejando de lado aplicaciones verticales con un solo propósito y caminando hacia soluciones multipropósito para varias aplicaciones o servicios.
- Incentivos por parte de los gobiernos, éstos juegan un papel crucial para estimular el crecimiento de inversión en programas y proyectos que desarrollen las comunicaciones M2M, las pongan en práctica y las apliquen a diversos sectores.
- Estandarización, el gran número de empresas que comienzan a dar soluciones basadas en comunicaciones M2M hacen necesario que existan nuevos estándares para conseguir un sistema global que sea interoperable. Este aspecto será desarrollado más adelante, en el Punto 2.4.5.

Estos aspectos pueden atajar los retos enunciados en el Punto 2.4.3, de la manera mostrada en la Tabla 2, que relaciona los atajos enunciados en este apartado con los que deben solucionarse en la actualidad.

Atajos Retos	Marco de trabajo de alto nivel	Incentivos de gobiernos	Estandarización
Fragmentación de soluciones	↑↑	—	↑↑
Falta de alineamiento	—	↑	↑↑
Seguridad	↑	—	↑
Privacidad	—	—	↑
Capacidades de servicio	↑	—	—
Pruebas y certificación	↑	↑	—

Tabla 2. Atajo a los problemas de M2M.

2.4.5. Estandarización

Las características y necesidades de las comunicaciones entre máquinas hacen necesaria la estandarización en distintos ámbitos [7]:

- Modelos de datos. Éstos determinan explícitamente las estructuras de datos utilizadas por las aplicaciones y distintas entidades del sistema M2M. El uso de los mismos modelos permite el acceso y almacenamiento de datos por distintas aplicaciones, permitiendo así la interoperabilidad entre sistemas. Evidentemente el modelo de datos de una aplicación específica puede no ser compatible con el de otra.
- M2M Area Network. Hace alusión a las comunicaciones entre distintos dispositivos máquina-a-máquina conectados a la misma red y con otras redes, hace referencia a las capas físicas y MAC del modelo OSI. Se ven especialmente afectados por las características de los dispositivos (como baja capacidad de procesamiento, baja memoria, bajo consumo, dependientes de batería, bajo coste y baja tasa de transmisión de datos) que han sido denominados por IETF con el nombre de “constrained devices”. Un ejemplo de cómo estas características pueden afectar a las comunicaciones es la dependencia de batería; es necesario que el dispositivo

consuma lo menos posible, para ello se pretende que se encuentre en estado de reposo (sleep mode) y, por consiguiente, la red solo debe transmitir la información estrictamente necesaria de manera eficaz para mantener así este estado.

- Optimización de la red de acceso y del core de la red. A pesar de que los operadores de telefonía apuestan, en general, por transmitir la información de las comunicaciones M2M a través de los sistemas ya existentes, ésta no es la mejor opción. Como se observó en el Punto 2.4.3, existen características de estas comunicaciones que no se adaptan correctamente a los sistemas actuales, por lo tanto es necesario el desarrollo de nuevos estándares u optimización de los mismos para dar soporte a las comunicaciones M2M. Adicionalmente la compartición de las infraestructuras de red con el mercado masivo, consumidores residenciales y corporativos de servicios de telefonía, puede no ser la mejor opción para cumplir con los requisitos de disponibilidad y calidad de servicio demandado por algunas aplicaciones M2M. Otro de los puntos donde se aprecian carencias en el modelo actual es el modo de facturación donde el cobro por volumen de datos no tiene sentido, puesto que los elementos de una red M2M transmiten pequeñas cantidades de datos minimizando el beneficio económico.

El desarrollo de estándares que se adapten de manera correcta ya se está llevando a cabo por los operadores de telefonía y fabricantes de dispositivos, siendo éstos los principales interesados. A pesar de que ya se está trabajando en ello su implantación es compleja y debe ser de manera gradual, por lo que se divide en dos fases: rediseño de la arquitectura y elementos de la red para hacerla compatible con M2M; y despliegue progresivo de los nuevos equipos, actualizaciones software y soluciones de red.

- Plataformas horizontales. En la próxima fase del desarrollo de M2M debe de estar apoyada por plataformas que faciliten el desarrollo de aplicaciones para crear nuevos modelos de negocio. Éstas deberán reunir conjuntos de capacidades que potencien y reúnan las funcionalidades que permitan el desarrollo, prueba y despliegue de aplicaciones de alto nivel en diversos sectores. Estas plataformas pondrán a disposición de las aplicaciones un conjunto de APIs que permitan la integración de los servicios que ofrecen en distintas soluciones verticales. Ya existe un conjunto de APIs desarrolladas por los operadores, sobretodo focalizadas en smartphones, que permiten a sus clientes integrar con sus sistemas de negocio.
- Certificación para los módulos M2M y los terminales. Se trata de certificados que se otorgan, por organismos revisores externos o entidades independientes, a los dispositivos que cumplen con ciertas características. Tienen gran importancia para el desarrollo de dispositivos.

2.4.6. Crecimiento de M2M

2.5. Cadena de valor de M2M

En la Figura 4 se aprecia que la cadena está compuesta por una serie de actores que aportan valor hasta dar como resultado el producto final, en forma de servicios. En las siguientes secciones se explicará en qué consiste cada uno de los eslabones de esta cadena focalizando en qué consiste cada uno de ellos, qué empresas son las encargadas de añadir valor, los estándares que utilizan, ejemplos de algunas empresas y ejemplos de algunos de sus productos.



Figura 4. Cadena de valor M2M.

2.5.1. Dispositivos

La primera parte de la cadena está formada por los componentes hardware, las “máquinas”. Esta área incluye una inmensa variedad de dispositivos que principalmente se pueden distinguir en dos grupos: módulos creados específicamente para dar soporte a aplicaciones M2M, son habitualmente sensores o actuadores que reportan información; o módulos de comunicaciones embebidos en dispositivos habituales. Ambos grupos tienen el mismo cometido, recoger datos para procesarlos por otras entidades del sistema siendo las empresas del sector principalmente fabricantes que integran varios componentes electrónicos para crear los dispositivos. Ligados a éstas aparecen también empresas encargadas del desarrollo de software necesario para que el dispositivo adquiera la lógica necesaria. En ocasiones la empresa encargada de la fabricación y de la creación del software es la misma.

Por un lado, los sensores son pequeños dispositivos que recogen datos del medio en el que se encuentran (como temperatura, humedad, presión, detección de presencia, etc.) transmitiéndolos a través de la red para aportar información. Contrariamente, los actuadores son elementos electro-mecánicos que realizan órdenes del sistema para ejecutar acciones en la situación en la que se encuentran. Los fabricantes deben tener en cuenta ciertos aspectos para que cumplan con las necesidades de cada aplicación además de tener un especial cuidado en el ahorro de batería, lo que limita las capacidades hardware y software pues normalmente se tratan de dispositivos aislados que carecen de alimentación eléctrica externa. Algunos ejemplos de empresas de este sector son: Libelium, Memsic,

CSIRO... siendo sus productos sensores y actuadores, llamados motas. En la Figura 5 se aprecia una mota del fabricante español Libelium.



Figura 5. Mota de Libelium. [9]

Por otro lado, hay un gran número de aplicaciones que no requieren de elementos externos que midan condiciones del entorno si no que necesitan monitorizar el estado de los dispositivos ya desplegados. Para ello, los fabricantes instalan un módulo de comunicaciones que permita enviar la información a través de la red. Este módulo puede ser inalámbrico o alámbrico y está embebido en el dispositivo. Al igual que en el caso de los sensores los fabricantes deben poner atención al ahorro de la batería, aunque aquí no suele ser un punto tan crítico, puesto que comúnmente los dispositivos donde se integran disponen de alimentación eléctrica externa. Las empresas dedicadas a este sector suelen ser las propias dedicadas a la manufacturación de los dispositivos, integran los módulos de comunicaciones en el proceso de fabricación.

Inalámbricas	Alámbricas
Zigbee	PLC
Familia de estándares 802.11	Ethernet
Bluetooth & Wibree	KNX
6LowPAN	Bacnet
DASH7	DALI
Z-Wave	LonWorks
ONE-Net	...
Wireless-Hart	
...	

Tabla 3. Tecnologías y estándares para M2M Area Network.

Los dispositivos pueden utilizar para la comunicación tanto tecnologías cableadas como inalámbricas y conseguir su misión de enviar la información a otros dispositivos o Gateways. Existe un enorme número de tecnologías y estándares que pueden ser utilizados, sin embargo algunos de ellos son específicos para ciertos entornos o ciertas aplicaciones concretas. La Tabla 3 muestra algunos ejemplos de tecnologías que son utilizadas por distintos sectores para la interconexión de sus dispositivos y constituyen la M2M Area Network.

2.5.2. Conectividad de Red

En este punto de la cadena de valor es donde se dota de conexión a los dispositivos enunciados en el punto anterior para permitirles transmitir la información hasta los sistemas centrales donde se procese, se corresponde con el “Core” de la red M2M. Para llevar a cabo este tipo de conexiones se ha optado por utilizar las redes celulares, es por esto que las empresas encargadas de cubrir estas necesidades sean los operadores, en especial operadores móviles. Ofertan servicios de transmisión de datos desde hace ya varios años, son estos mismos servicios los que se utilizan para dar soporte a las conexiones M2M. Como se describió en la Sección 2.4.3 (Aspectos a mejorar en la actualidad) hay una falta de alineamiento de la red, puesto que algunas de las necesidades de los terminales móviles no son comunes a las de los dispositivos M2M. Además de este inconveniente los operadores se han encontrado con problemas para rentabilizar estos servicios enfocados a M2M, puesto que el volumen de datos es mínimo y con él los ingresos que perciben. Es necesario el desarrollo de nuevos modelos de negocio que hagan rentable los servicios de conectividad para dispositivos M2M.

Algunos de los operadores que ofertan servicios de datos que se utilizan para M2M son: Movistar, AT&T, Vodafone, Deutsche Telekom, Orange, Telekom Austria Group M2M, Telenor Conexion, TeliaSonera y Verizon. Estos operadores cuentan con tarifas específicas para el control de máquinas.

Actualmente la mayor parte de las conexiones dedicadas a máquinas son GPRS, el principal motivo es la gran cobertura de que dispone, sin embargo se ha puesto especial esfuerzo en que la red LTE, que se encuentra en estado de despliegue, sea apropiada para dispositivos y conexiones M2M. LTE puede ser un buen candidato para dar soporte al “core” de la red puesto que soporta un importante número de dispositivos conectados por celda, disminuye enormemente la latencia y aunque a priori consume más batería, se puede mejorar el consumo disminuyendo la frecuencia de envío de señalización, provocando así un aumento de su vida útil [10]. Está en desarrollo una especificación de LTE, llamada LTE-B, que hace especial hincapié en las comunicaciones entre máquinas [11].

2.5.3. Habilitación de Servicios

El tercer punto de la cadena de valor es el encargado de ofrecer funcionalidades comunes a varias aplicaciones, de esta manera se creará una capa horizontal que sirva como abstracción a los niveles superiores. Aunque no todas las funcionalidades son comunes a los servicios que pretende ofrecer y mejorar M2M, hay una buena parte que sí lo son.

Esta capa de habilitación de servicios es presentada en forma de plataforma para la gestión de dispositivos, conexiones y/o capacidades de negocio. Puede ser ofrecida por un amplio abanico de compañías, desde empresas de desarrollo de software, de desarrollo de equipos y soluciones de telecomunicaciones hasta operadores.

Existen distintos modelos de negocio en relación a la entidad que oferta la habilitación de servicios:

- Un operador oferta una plataforma de gestión, haciendo uso de sus propios sistemas. Por ejemplo, AT&T ofrece conectividad y servicios M2M a través de su plataforma en un mismo paquete. En el dibujo de la izquierda de la Figura 6 se puede apreciar gráficamente como se distribuye este modelo de negocio.
- Un operador oferta una plataforma de gestión, haciendo uso de los equipos y sistemas que una empresa de telecomunicaciones le proporciona, recibiendo el nombre de “enabler”. Por ejemplo, Telenor Connexion, operador sueco con amplia experiencia en el sector de las telecomunicaciones y M2M, ofrece conectividad y servicios a través de la plataforma Device Connection Platform (DCP) de Ericsson [12], empresa de origen sueco dedicada a ofrecer equipos y soluciones de telecomunicaciones con amplia experiencia en el sector. En el segundo dibujo de la Figura 6 aparece de manera gráfica como se compone este modelo.
- Una empresa de desarrollo de software o una empresa de desarrollo de equipos y soluciones de telecomunicaciones oferta la plataforma. Por ejemplo, Celstream ofrece la plataforma Remote Device Management para la gestión remota de dispositivos a clientes finales. En el último dibujo de la aparece la representación gráfica de un modelo de estas características.

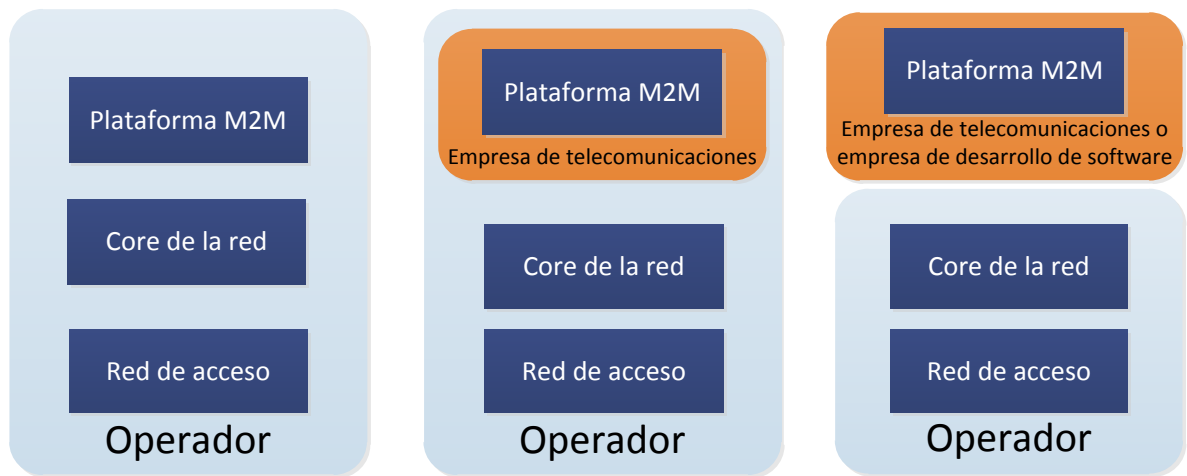


Figura 6. Modelo de negocio.

Para la gestión de las conexiones se utilizan las APIs, basadas en SOAP y Web Services, que ofrecen una interfaz a través de la cual se pueden gestionar. Por otro lado para el control de terminales se utilizan principalmente los siguientes protocolos:

- TR-069. También conocido como CWMP (CPE WAN Management Protocol), desarrollado por Broadband Forum. Es una pila de protocolos basada en RPC (Remote Procedure Call) que actúa como una capa de abstracción para el control y mantenimiento de dispositivos remotos.
- SNMP (Simple Network Management Protocol). Protocolo a nivel de aplicación, según el modelo OSI, que permite el intercambio de información de administración entre dispositivos de red.
- OMA-DM (Open Mobile Alliance – Device Management). Protocolo desarrollado por Open Mobile Alliance diseñado para la gestión de pequeños dispositivos como teléfonos móviles, PDAs y tablets. Utiliza XML para el intercambio de datos entre servidor y cliente. Es un protocolo basado en request-response con autenticación y desafío.

2.5.4. Capacidades Específicas

En este eslabón de la cadena es donde se aporta el valor final al producto, se aplican las funcionalidades que le proporcionan los niveles inferiores para desarrollar aplicaciones concretas. Además se añade la lógica específica de un determinado servicio, fuera de las funcionalidades comunes.

Las empresas que lo forman son aquellas que finalmente comercializarán el producto. Este conjunto de empresas no está claramente definido puesto que depende de la aplicación concreta, pueden ser desde fabricantes de automóviles, empresas de automatización de edificios, domótica, entidades financieras, grandes comercios, desarrolladores de software...

2.6. Conceptos relacionados

M2M es un concepto muy genérico que de manera indirecta hace alusión y se relaciona con otros conceptos y tecnologías, bien sea formando parte de ellos o formado por ellos.

2.6.1. Internet of Things

La evolución de Internet ha propiciado la interconexión de muchos dispositivos, tales como sensores de control de tráfico, sensores de humedad y temperatura, cámaras de seguridad, etc. hasta el punto de que actualmente existen una mayor cantidad de “objetos” conectados a internet que usuarios. La conexión de éstos permite disponer fácilmente de la gran cantidad de información que proporcionan estos dispositivos, lo cual representa solo una diminuta parte de lo que el futuro “Internet de las cosas” puede llegar a ofrecer.

El próximo paso es la conexión de sistemas inteligentes con todas las “cosas” de nuestra vida cotidiana en especial los objetos no electrónicos como la ropa, carpetas, libros, latas, zapatos, etc. El despliegue de una red de sensores capaces de medir temperatura, humedad, luminosidad... podría brindar mucha información convirtiéndolo en un sistema inteligente que optimizase al máximo desde las tareas cotidianas hasta complejos procesos de producción. Finalmente, para llegar a la culminación de la idea de IoT, será necesaria una masiva distribución de datos y la convergencia de servicios, para ofrecer servicios avanzados a empresas y ciudadanos.

Futuristas han pronosticado que Internet of Things podría resultar una de las mayores transformaciones de la humanidad. Aún es pronto para saber qué profundidad y alcance tendrá, pero existen una cantidad innumerable de campos donde la aplicación de un sistema de estas características aportaría un gran valor.

El concepto IoT es sencillo de explicar; se trata de la interconexión de todo tipo de elementos, desde los más simples y cotidianos hasta los más complejos, en una red global que procese la información que estos generan para ofrecer más servicios y de mayor calidad. Sin embargo, llevar a cabo tal sistema implica un enorme despliegue, investigación e inversión.

La conexión de los “objetos” puede ser inalámbrica a través de tecnologías como RFID o sensores inalámbricos, que ofrecen la identificación de artículos y detección de condiciones del entorno. También existen conexiones cableadas, como PLC (Power Line Communication), que ofrece el transporte de datos a través de la red eléctrica y ofrece gran potencial de conectividad entre elementos del hogar, algo que se precisa fundamental para facilitar la vida cotidiana de los ciudadanos.

La relación entre Internet of Things y M2M es muy estrecha ya que, en el fondo, IoT no es más que la intercomunicación entre máquinas de manera masiva. Por lo tanto, para poder alcanzar el concepto de una red global que interactúe con “todo” es necesario desarrollar las comunicaciones machine-to-machine. Sin embargo no deben confundirse ambos conceptos, ya que M2M no es Internet of Things, si no una parte de éste.

2.6.1.1. Retos

Hay ciertos aspectos que deben de mejorar para hacer posible la sociedad conectada, tanto desde el punto de vista técnico como del punto de vista comercial.

Técnicamente existen ciertas necesidades imprescindibles que deben ser cubiertas:

- Creación de dispositivos y aplicaciones multifuncionales que sean capaces de adaptarse a distintas tareas. Puesto que si un mismo aparato pudiera realizar múltiples labores se reduciría el coste de desarrollo haciendo más factible la expansión del futuro Internet y pudiendo alcanzar un sistema horizontal que se centre en la reutilización.
- Uso de IPv6. La versión 4 del Internet Protocol no es capaz de dar soporte a la infinidad de dispositivos que necesita conectar IoT debido a la limitada capacidad de direccionamiento. Actualmente, la versión 6 está desarrollada y estandarizada, sin embargo su despliegue a nivel global no se ha llevado a cabo puesto que es algo compleja, debido a la inmensidad de Internet, la cuantía de modificaciones que conllevaría realizar en la red y lo altamente dependiente que es la sociedad a Internet. Por estos motivos la migración a IPv6 es lenta y se ha de realizar de manera progresiva.
- Despliegue de redes de comunicaciones M2M, que se comportan como elementos activos de IoT. Se estima que la proliferación de estas comunicaciones facilite el paso a la intercomunicación universal de las “cosas”.

- Creación de herramientas de desarrollo y APIs abiertas que acerquen la tarea de creación de aplicaciones a posibles desarrolladores interesados.

Además, desde el punto de vista comercial, es importante crear una infraestructura de comunicaciones que soporte gran variedad de aplicaciones sin la necesidad de modificar la red. Un claro ejemplo de estructura podría ser la de las redes móviles que permiten una multitud de aplicaciones y además es inalámbrica. También es importante que el coste de fabricación de dispositivos y desarrollo de software para éstos disminuya para que el entorno pueda progresar.

Todo esto abrirá el mercado al desarrollo y despliegue de múltiples dispositivos, permitirá que se utilicen estos productos y se habilite fácilmente la interconexión con las aplicaciones y servicios existentes.

2.6.2. WSN

Wireless Sensor Network (WSN) o red inalámbrica de sensores, hace referencia a una red inalámbrica constituida por un número, normalmente elevado, de nodos que son capaces de recoger información del medio donde se encuentran y transmitirla para ser almacenada y procesada. Estos nodos disponen de componentes electrónicos que permiten al dispositivo recoger información como luminosidad, temperatura, presencia, humedad... Además, disponen de transceptores que ofrecen la posibilidad de conectarse entre ellos, formando así una red inalámbrica de sensores, y enviar la información para que otras entidades con mayor capacidad de procesamiento analicen la información y se tomen las medidas correspondientes [13].

De estas redes surgen además las redes inalámbricas de sensores y actuadores, Wireless Sensor and Actuator Networks (WSAN). Éstas incorporan nuevos componentes hardware y software que posibilitan realizar operaciones en el medio donde se encuentran desplegados. La combinación de los elementos que recolectan la información y realizan acciones ofrece una gran cantidad de posibilidades en distintos ámbitos y sectores, dando la posibilidad de crear redes inteligentes [14].

Es evidente la relación entre las comunicaciones M2M y las redes WSAN pues, al fin y al cabo, tanto las redes inalámbricas de sensores y las redes inalámbricas de sensores y actuadores son comunicaciones machine-to-machine propiamente dichas. Un claro ejemplo de que éstas son comunicaciones M2M es la arquitectura de la red, la cual es la misma a la mostrada en la Sección 2.2.1.

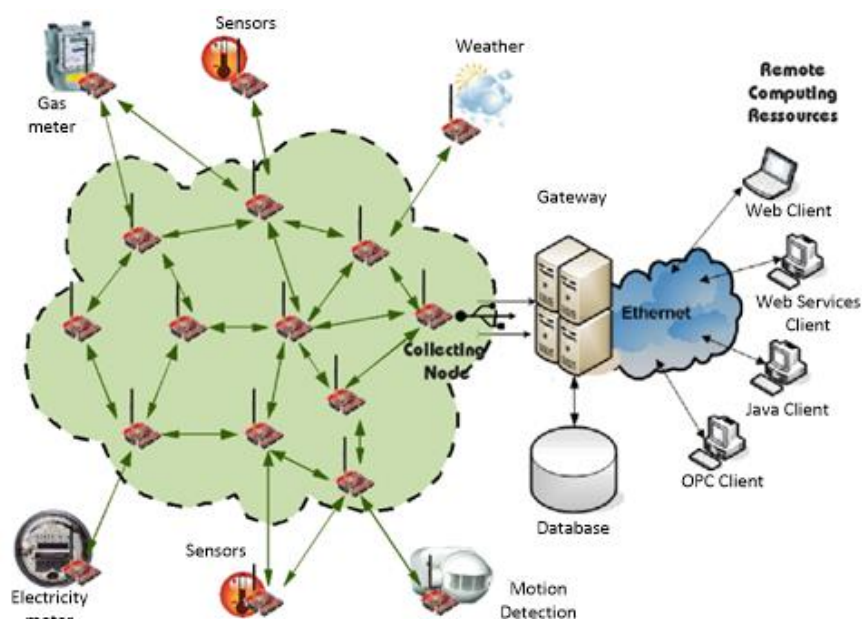


Figura 7. Arquitectura de red de WSN.

En la Figura 7 se aprecian las similitudes con la Figura 1, donde la red de la izquierda se corresponde con M2M Area Network, siendo en este caso a través de comunicaciones inalámbricas y los nodos de sensores y actuadores son los dispositivos M2M. Además al igual que en la arquitectura de red M2M, aparece un Gateway que actúa como recolector de datos y que envía la información recogida en la red de sensores a otros sistemas. Por último, se representa una red Ethernet que permite la transmisión de la información hasta los sistemas donde se gestiona y se accede a ella, aunque en ciertas ocasiones esta unidad de procesamiento no se encuentra en una red diferente si no que es el propio Gateway.

WSN se trata de una de las tecnologías con más peso, prueba de ellos es que el MIT (Massachusetts Institute of Technology) anunció en 1999 que las redes inalámbricas de sensores será una de las 21 tecnologías más importantes del siglo 21, y que podría cambiar el mundo.

2.6.3. Big Data

La globalización de las comunicaciones M2M provocará una invasión de estas redes en una amplia variedad de sectores, que finalmente dará lugar a Internet of Things, provocando un descomunal crecimiento en el tráfico de datos. Big Data hace referencia al conjunto de tecnologías y técnicas que permiten procesar, analizar y almacenar una inmensa cantidad de datos para crear valor, conocimiento y servicios [15] [16].

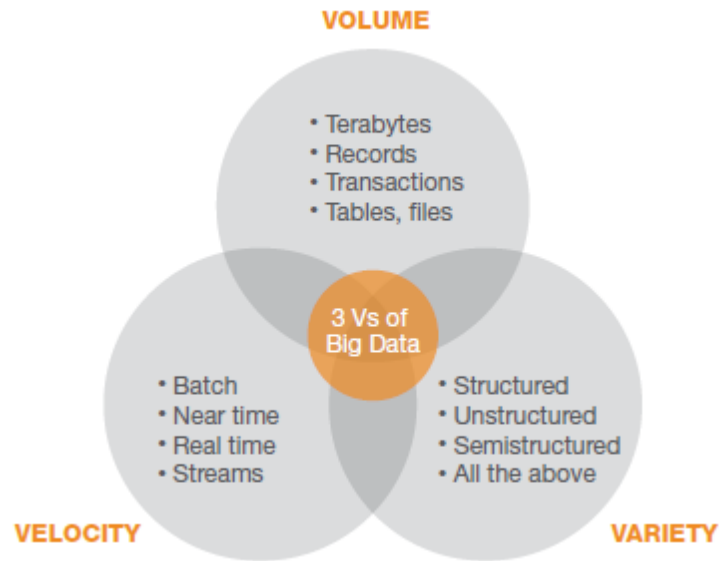


Figura 8. Dimensiones de Big Data [15].

Big Data se caracteriza por tres dimensiones, mostradas en la Figura 8 :

- **Volumen.** Hace referencia a la cantidad de datos que debe ser procesada y analizada. Diversos sectores industriales coinciden en que la cantidad de datos es creciente y que toda esa información debe de ser procesada e inspeccionada, y una parte de ésta tiene que ser almacenada.
- **Variedad.** Diferentes tipos de datos y origen de los mismos. Hay una gran complejidad en el manejo de tipos de datos distintos incluidos los estructurados (números y códigos como los que pueden ser almacenados en una base de datos), semi-estructurados (como texto y correos electrónicos) y desestructurado (imágenes, vídeo y música).
- **Velocidad.** Se trata de la capacidad de procesar, analizar y almacenar la mayor cantidad posible de datos en el menor tiempo. Al tratarse de mucha información suele ocurrir que se genera mayor cantidad, se ve fomentado por la naturaleza de los datos que es en tiempo real, de la que es capaz de procesar. Uno de los principales factores por los que se ve influenciada la velocidad es la latencia, el tiempo que tarda un dato desde que es creado hasta que es completamente procesado y accesible.

Capítulo 3:

Propuesta de una

Arquitectura Software

M2M

3.Propuesta de una Arquitectura Software M2M

En los sucesivos apartados se realizará el diseño de una arquitectura software en forma de plataforma M2M con el objetivo de que aporte valor respecto a otras soluciones ya desarrolladas. El valor diferencial de la solución que se plantea se encuentra en que será una plataforma capaz de adaptarse a distintas aplicaciones específicas dentro de un mismo sector (intra-sector), adaptable a varios sectores (inter-sector) y que cubra las necesidades tanto de comunicaciones inalámbricas como cableadas.

3.1. Alcance de la Plataforma

La mayoría de soluciones actuales están basadas en desarrollos específicos para un determinado sector, creando columnas verticales que no reutilizan los sistemas comunes, como se muestra en la Figura 9. Al tratarse de desarrollos enfocados a un sector y aplicación específica el desarrollador de la plataforma se ve en la necesidad de realizar un diseño y un despliegue completamente nuevo al dar el salto a una nueva industria, lo cual no permite la capitalización de las economías de escala.

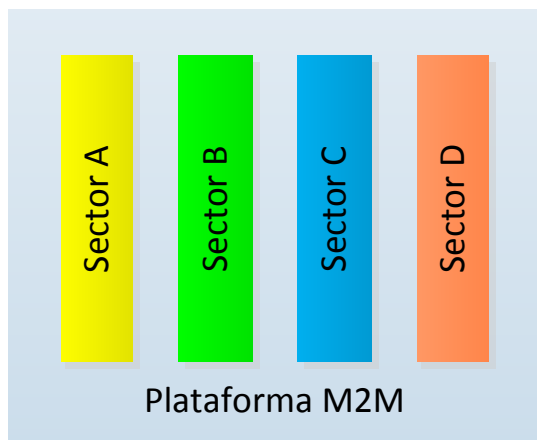


Figura 9. Plataforma basada en diseños verticales.

A pesar de que la complejidad del diseño inicial de la plataforma es menor al abarcar un único sector, se plantea una gran complicación tanto en el diseño como en el desarrollo cuando llega la hora de ampliar el mercado a nuevas fronteras. Por este motivo existe la necesidad de diseñar una plataforma que sea capaz de adaptarse a diversas industrias y por ello la arquitectura software que se llevará a cabo será multisectorial. La Figura 10 representa de manera gráfica el volumen de implementación de las necesidades comunes frente a las específicas de cada sector, creando una capa horizontal que permita la reutilización de la mayoría de las funcionalidades.



Figura 10. Plataforma basada en la horizontalización.

Cabe especificar que dentro de cada industria existen grupos de aplicaciones compuestos por otras específicas. Éstas a pesar de tener cierto número de necesidades comunes se diferencian unas de otras. En la Figura 11 se muestra de qué manera se agrupan las distintas divisiones dentro de un mismo sector, en base a la Figura 2 de Beecham Research como modelo.



Figura 11. Estructura de los sectores.

Se tendrán en cuenta las aplicaciones específicas en el diseño de la plataforma, que reutilizará las funcionalidades que cubran las necesidades que varias industrias tengan en común. La Figura 12 muestra de manera gráfica como el volumen del desarrollo de una aplicación específica, AE en la figura, dentro de un sector en comparación al de un sector completo es menor.

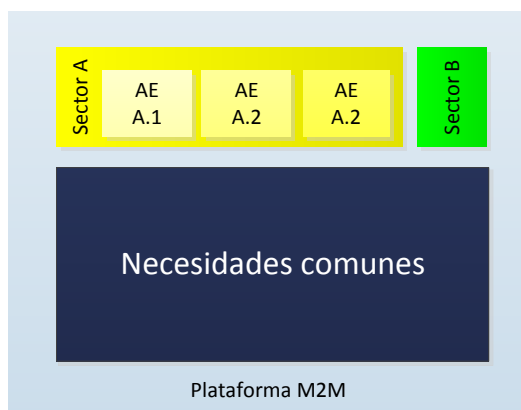


Figura 12. Plataforma basada en horizontalización, intrasector e intersector.

La plataforma añadirá además como valor diferencial la posibilidad de operar a través de redes inalámbricas y cableadas. Las soluciones actuales focalizan sus esfuerzos en soportar un tipo de las comunicaciones citadas, dejando un amplio rango de ellas sin soporte. Por otro lado, para que el diseño de la arquitectura software aporte valor se focalizará en un conjunto de sectores, ya que si la plataforma es muy general no presentará ningún valor final. En el Punto 3.1.1 se enuncian los criterios escogidos para la elección del sector o sectores a dar soporte por la plataforma.

3.1.1. Criterios de diseño

Para llevar a cabo la elección de un conjunto de sectores sobre los cuales se focalizará el diseño de la solución resulta útil escoger un conjunto de criterios de diseño:

- Sectores o negocios cuyas aplicaciones requieran un elevado número de dispositivos distribuidos, que por regla general implica que estos disponen de una capacidad de procesamiento baja y que la transmisión de datos a través de las comunicaciones no es elevada. Este criterio ha sido escogido por dos motivos: el coste de las líneas de comunicación ha disminuido en los últimos años y el coste de dotar de capacidad de procesamiento a los dispositivos es elevado. Estas razones llevan a concluir que serán los sectores que primero crecerán hacia M2M y posteriormente, como enuncia la Ley de Moore, lo harán aquellos que necesiten una mayor capacidad de procesamiento distribuido.

La Ley de Moore se trata de una predicción realizada por el cofundador de Intel, Gordon Moore, en 1965. Esta Ley enuncia que el número de transistores de un chip se duplica cada dos años, esto supone que se mejora sustancialmente la capacidad de procesamiento de un chip a medida que pasan los años. Debido a esto el precio por unidad de procesamiento baja al mismo tiempo que las prestaciones suben. [17]

- Sectores con infraestructuras críticas y que por lo tanto requieren un alto nivel de seguridad, que ha sido elegido por ser uno de los aspectos a mejorar en la actualidad y que más preocupan, como se enunció en el Punto 2.4.3. Se tendrán en cuenta aspectos como la privacidad y protección de los datos.
- Sectores con varias posibilidades de acceso a la red, pudiendo utilizar para la comunicación con sus dispositivos comunicaciones inalámbricas o cableadas e incluso ambas para proporcionar la redundancia necesaria y ofrecer mayor seguridad a estos sistemas críticos. El hecho de poder ser alámbricas implica que se tratarán de dispositivos “fijos”, que no cambiarán de localización y si lo hacen será en un espacio reducido.
- Sectores que no requieran transmisión de datos en tiempo real. Las aplicaciones con demanda de tráfico en tiempo real requieren un mayor ancho de banda y mejor nivel de comunicaciones, aumentando con ello el coste y retrasando su entrada a mercado.

3.1.2. Elección del Sector

Los criterios enunciados anteriormente facilitan la búsqueda del sector al que se dará soporte. En el Apartado 2.3.1 se especificaron los principales sectores que se esfuerzan por incluir comunicaciones M2M en distintos ámbitos de negocio, analizando cada uno de ellos se obtendrán aquellos que cumplen con las características enunciadas y por lo tanto los que se tendrán en cuenta y sobre los que se centrará la plataforma:

- Energético: M2M proporcionan una mejor gestión y monitorización de la energía durante todas las fases del ciclo de energía, además favorece a la integración de las energías renovables y mejora la eficiencia energética. Por regla general las aplicaciones de este sector se caracterizan por estar formadas por dispositivos masivos con bajas capacidades de procesamiento, encargados sobre todo de la recolección y transmisión de información en pequeñas cantidades de tráfico, y conectados a los sistemas centrales a través de varias tecnologías como PLC, fibra óptica, GPRS, ADSL... Además en torno a las aplicaciones de este sector hay una gran preocupación por la privacidad de la información y por lo tanto requieren altos niveles de seguridad.
- Hogar: El uso de M2M favorece a la creación de hogares inteligentes, mejora de la seguridad, eficiencia y confortabilidad. Las aplicaciones de este sector se basan en un número reducido de dispositivos repartidos o integrados en el hogar con baja capacidad de procesamiento. Para la transmisión de información de pequeño

volumen utilizan las redes inalámbricas desplegadas en el hogar, habitualmente WiFi y eventualmente otras como Zigbee.

- Salud: M2M favorece enormemente a este sector, ayudando a disminuir gastos en el ámbito de la sanidad. A través de distintos dispositivos como pantallas táctiles, dispositivos móviles, información en la nube y redes más rápidas (como LTE) es posible recoger, almacenar y analizar datos médicos de pacientes de manera remota, automática y sencilla. Cuentan con pocos dispositivos, de capacidad de procesamiento media, ya que algunos deben monitorizar información y procesarla para poder avisar de una emergencia. Necesitan altos niveles de seguridad ya que la información con la que trabajan es sensible y de carácter personal. Por otro lado la manera de acceder a la red es siempre inalámbrica, debido al carácter móvil de los dispositivos, normalmente utilizándose tecnologías celulares y en menos ocasiones WiFi. Pese a que el volumen de datos que transmiten suele ser bajo, existen aplicaciones que permiten establecer videoconferencias para tener consultas médicas o ser utilizadas en caso de emergencia.
- Industrial: Las comunicaciones M2M favorecen enormemente al sector industrial añadiendo la inteligencia necesaria para tomar decisiones más apropiadas sobre operaciones, servicios, almacenamiento y localización. Las aplicaciones de este sector se caracterizan por contar con pocos dispositivos con capacidades de procesamiento medias-altas, que transmiten grandes cantidades de información. La seguridad es un aspecto relevante aunque no determinante y las posibilidades de acceso son dispares, existiendo algunos dispositivos fijos conectados a través de medios cableados o inalámbricos.
- Transporte: Es uno de los grandes beneficiados por M2M que le ofrece la posibilidad de localizar los vehículos de manera automática, ayudar a la conducción, aumentar calidad, comodidad y confort para los conductores. Con aplicaciones que ayudan a detectar averías y encontrar la mejor manera de arreglarlas de forma inmediata se ofrece mayor seguridad en la conducción. Se caracterizan por contar con una gran cantidad de dispositivos con una capacidad de procesamiento baja, limitada a la transmisión de eventos como localización, perfiles de conducción y averías a través de redes celulares.
- Financiero: Las comunicaciones entre máquinas abren un nuevo abanico de posibilidades a este sector, con innumerables aplicaciones posibles que mejoran la experiencia del usuario y los servicios entregados. Se pueden observar aplicaciones que permiten la monitorización remota de inventarios, automatización de procesos, espacios digitales de publicidad dirigida al usuario, actualizaciones automáticas de mantenimiento, servicios inteligentes de fidelización, gestión de servicios de pago, etc. todo ello ofrece a los clientes la posibilidad de disfrutar de una experiencia de

compra superior y mejora el rendimiento de las ventas. Las aplicaciones de este sector se caracterizan por contar con un importante número de dispositivos desplegados que en la mayoría de los casos disponen de capacidad de procesamiento limitada, a través de todo tipo de tecnologías de acceso son capaces de transmitir pequeñas cantidades de tráfico para garantizar un buen servicio. Es un aspecto transcendental la seguridad, debido al carácter personal de los datos y a la vulnerabilidad de éstos.

- Seguridad: Las comunicaciones entre máquinas favorecen a este sector, haciendo más sencillo y accesible la videovigilancia y servicios de emergencia. Sus aplicaciones se caracterizan por contar con un importante número de dispositivos con capacidades de procesamiento bajas, ya que se encargan a la monitorización y al envío de los datos sin ser procesados. Al tratarse de información personal, como localización o imágenes de personas, deben de tener un alto grado de seguridad. Disponen de varias posibilidades de acceso, desde inalámbrica hasta cableada y tienen altos requisitos de transferencia de datos debido al volumen de los mismos.
- Construcción: Este sector se ha visto muy beneficiado por las comunicaciones M2M, ofreciendo la posibilidad de automatizar los edificios tomando medidas de control y confort más eficaces, además de mejorar la eficiencia energética de los edificios. Las aplicaciones centradas en Smart Building se caracterizan por contar con muchos dispositivos con bajas capacidades de procesamiento y baja transferencia de datos, que se concentran en la monitorización y en la ejecución de tareas remotas simples. Requieren un alto grado de seguridad y disponen de varios modos de acceso a los dispositivos.

A modo de resumen de lo anteriormente expresado se muestra la Tabla 4 donde se aprecia más claramente cuáles son los sectores que cumplen con los criterios de la plataforma y en qué porcentaje serían adaptables a ésta. Se puede observar que de las anteriores características escogidas para el diseño se cumplen al 100% por los sectores energético, financiero y construcción.

	Gran cantidad de dispositivos	Dispositivos de bajo procesamiento	Alto nivel de seguridad	Varías posibilidades de red de acceso	Bajas tasas de tráfico	Compatibilidad con plataforma
Energético	✓	✓	✓	✓	✓	100%
Hogar	✗	✓	~	~	✓	60%
Salud	✗	~	✓	✗	✗	30%
Industrial	✗	✗	~	~	✗	20%
Transporte	✓	✓	~	✗	✓	70%
Financiero	✓	✓	✓	✓	✓	100%
Seguridad	✓	✓	✓	✓	✗	80%
Construcción	✓	✓	✓	✓	✓	100%

Tabla 4. Adaptabilidad de los sectores a la plataforma.

Entre los anteriores se seleccionarán los dos principales sectores sobre los que se diseñará la plataforma. Para ello se escogerán aquellos que han sufrido mayor crecimiento en los últimos años y que se prevé continuarán creciendo. En la Figura 13 aparece una gráfica donde se aprecia la relación entre las industrias en función de los ingresos derivados del uso de M2M, obtenidos desde el año 2008 hasta el 2012. En ésta se observa fácilmente que los dos sectores que tienen mayores ingresos y que además cumplen los criterios de diseño de la plataforma según se aprecia en la Tabla 4, son el sector energético y financiero.

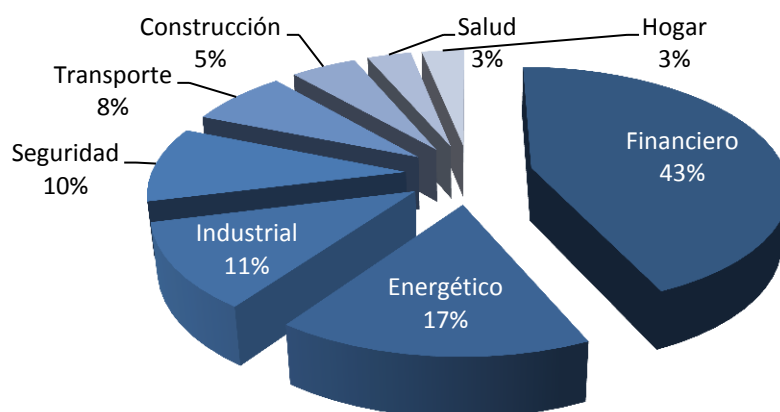


Figura 13. Ingresos por M2M [18].

Como el sector financiero es muy amplio y sus aplicaciones son muy desiguales entre sí (desde cobros con tarjeta hasta publicidad personalizada al consumidor) se puede dividir en muchas soluciones con importantes diferencias, de manera que este alto porcentaje de ingresos frente al resto se ve segmentado, siendo un porcentaje que no se refleja en sus aplicaciones específicas de manera directa. Por otro lado, existe un gran interés por parte de los organismos gubernamentales a nivel mundial en el sector energético con el objetivo

de la reducción de contaminación. Por estos motivos se ha seleccionado la industria energética a la hora del desarrollo de la plataforma, dejando el sector financiero como complementario para la validación de ésta.

Por último es necesario seleccionar dos aplicaciones específicas dentro del sector energético, que ha sido elegido como principal, y una del financiero. La Unión Europea tiene como objetivo la reducción de un 20% del consumo energético para el 2020 y con ello conseguir una reducción de las emisiones de gas y poniendo especial interés en la necesidad de mejorar la eficiencia energética, impulsando así Smart Metering para electricidad, motivo por el cual ha sido seleccionada esta aplicación [19]. Dentro del mismo sector energético ha sido escogido Smart Metering para gas como aplicación específica para el desarrollo del modelo intersectorial, debido a su similitud con Smart Metering para electricidad y a que se ha comenzado en desplegar en distintos países de la Unión Europea, como Italia y Reino Unido. Por último, en el sector financiero se ha escogido la Gestión Remota de Transacciones para Terminales Punto de Venta (TPV) debido a su alto grado de implantación como medio de pago y a la necesidad de ampliar los beneficios que ofrecen a sus usuarios.

En conclusión, las aplicaciones específicas y sectores escogidos para el desarrollo de la plataforma son: gestión remota de transacciones para TPVs del sector financiero y Smart Metering para electricidad y gas del sector energético. De acuerdo con la manera en que se estructuran los sectores, se ha representado gráficamente la elección de estas aplicaciones que se ve resaltado en la Figura 14.

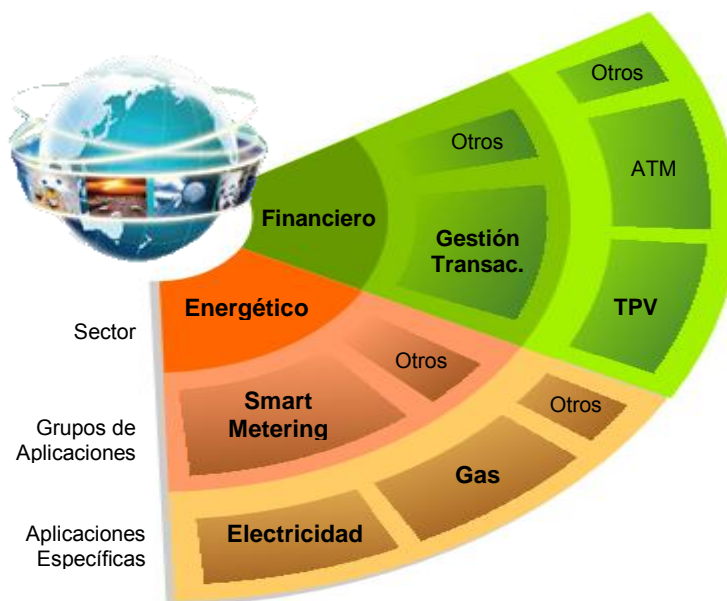


Figura 14. Elección de sectores y aplicaciones específicas.

3.2. Diseño de la Solución

3.2.1. Metodología y Desarrollo

Para abarcar el diseño de la plataforma se realizará un estudio de cada sector con el fin de situar al lector en el contexto de la aplicación y posteriormente analizar las necesidades. En función de estas necesidades se obtendrán las funcionalidades que darán forma a la arquitectura software M2M, a su vez se agruparán en las diferentes capas y crearán el desarrollo completo.

A modo de estructurar el proceso de desarrollo de la plataforma de una manera coherente se han diferenciado cinco fases que permitan conseguir el objetivo final:

- Fase 1: Estudio del sector eléctrico, de la aplicación específica que será soportada y de las necesidades específicas de dicha aplicación. Además se desarrollarán las funcionalidades necesarias para dar soporte a dicha aplicación, dando así como resultado el modelo inicial de la arquitectura software.
- Fase 2: Estudio del sector energético focalizado en gas, de la aplicación concreta que se dará soporte y las necesidades específicas de dicha aplicación.
- Fase 3: A través de los resultados obtenidos en la anterior fase se estudiará que necesidades son cubiertas por el modelo inicial de la arquitectura, como resultado de la Fase 1. Para aquellas no cubiertas se crearán las funcionalidades necesarias para darlas soporte. De esta manera se obtendrá el modelo intrasectorial de la plataforma. En la Figura 15 se puede apreciar gráficamente de qué partes estará compuesto el modelo obtenido en esta fase.
- Fase 4: Estudio del sector financiero, de la aplicación concreta que será soportada y las necesidades específicas de dicha aplicación.
- Fase 5: De manera análoga a la Fase 3 se realizará un análisis de las funcionales cubiertas por el modelo intrasectorial. Las que no sean soportadas por éste serán añadidas, diferenciando así las funcionalidades de cada sector y aplicación específica. De esta forma se obtiene el modelo final de la arquitectura software propuesta que cumplirá con los requisitos de las aplicaciones y los criterios enunciados en el Apartado 3.1.1.

En la Figura 16 se representa gráficamente la planificación que se seguirá para el diseño de la plataforma, de acuerdo con las fases enunciadas anteriormente. En ésta los círculos representan los sectores sobre los que se focalizará, las elipses representan el grupo de

aplicaciones concretas y los cuadrados los diferentes procesos que se realizarán hasta llegar al modelo final.

A medida que se desarrolle la plataforma se apreciará crecimiento horizontal en el modelo, como se muestra en el flujo de la Figura 15. Flujo de desarrollo de la plataforma. partiendo de un modelo inicial, focalizado en un solo sector y aplicación, hasta alcanzar el modelo final, que soportará varias aplicaciones y sectores.

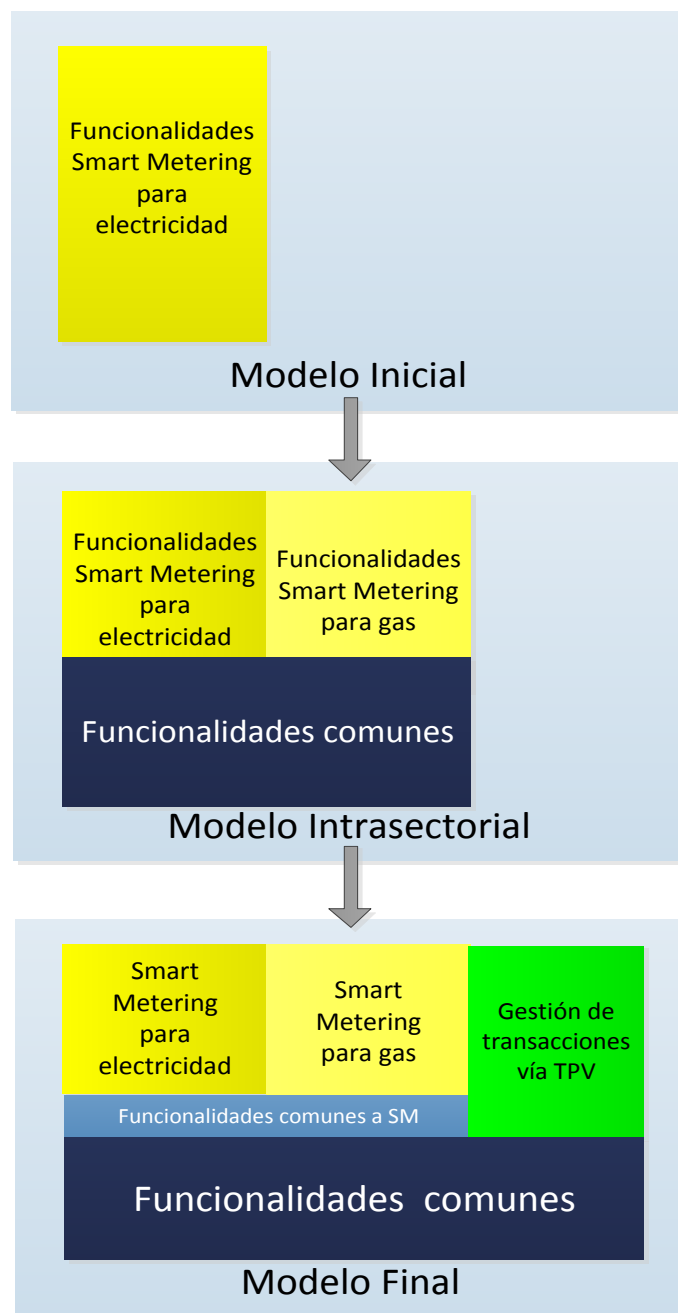


Figura 15. Flujo de desarrollo de la plataforma.

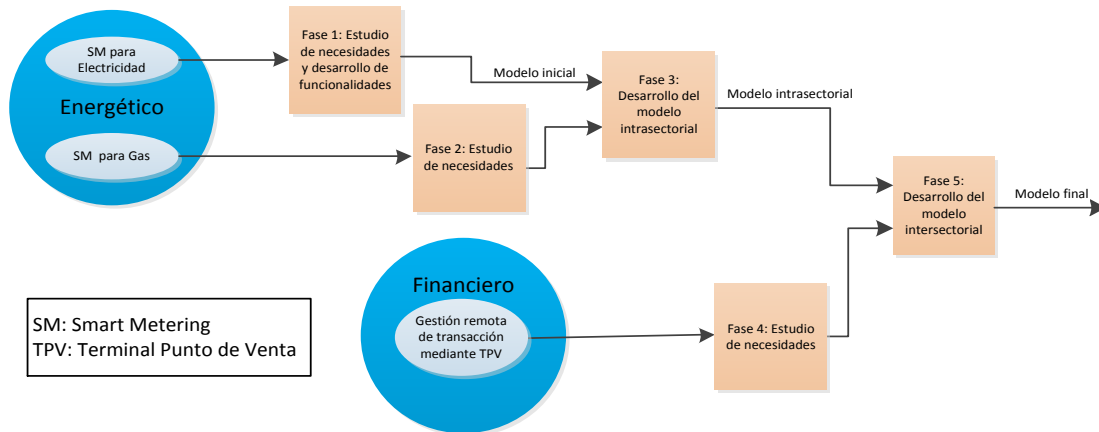


Figura 16. Planificación para diseño de la plataforma.

3.2.2. Fase 1: Estudio del Sector Eléctrico y Desarrollo de Modelo Monosectorial

A lo largo de esta fase se realizará un análisis del sector eléctrico para valorar las necesidades que tiene en cuanto a la aplicación de Smart Metering. En un primer lugar se realizará una descripción de Smart Grid y Smart Metering que ayude a conocer el funcionamiento y finalidad de estas aplicaciones. Además se focalizará este análisis en Smart Metering para electricidad para situar en el contexto de la aplicación. Por último se realizará el estudio de las necesidades y desarrollo de las funcionalidades de la arquitectura software M2M.

3.2.2.1. Descripción de Smart Grid y Smart Metering

Las Smart Grid se definen como las redes eléctricas capaces de integrar de manera inteligente las acciones de todos los usuarios conectados a ésta para proporcionar un suministro eléctrico económicamente eficiente, sostenible, con bajas pérdidas y elevados niveles de seguridad y calidad [20]. Es uno de los grandes proyectos para acometer la reducción de consumo energético en un 20%, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero un 20% e incrementar el uso de las energías renovables un 20% para el año 2020, estos objetivos han sido marcados por la Unión Europea bajo el nombre de 20/20/20.

Uno de los aspectos en los que se está empezando a trabajar es en el tramo de la red eléctrica dedicado a los contadores con objetivo de acercar la inteligencia a los extremos de la red, surgiendo así el concepto de Smart Metering. Se define como el sistema compuesto por contadores inteligentes, Smart Meters, que recogen el consumo energético de manera

regular y programada para entregar esta información a las empresas comercializadoras de servicios energéticos y llevar a cabo una facturación más eficiente y adecuada al consumo del cliente. [21] Estos contadores permiten el intercambio bidireccional de información entre éstos y los sistemas centrales. El “Smart Meter” se encuentra formado por tres elementos principales: el sistema de medida, la memoria y el dispositivo de comunicaciones.

Los sistemas de medida tradicionales utilizaban contadores de medida electromecánicos que no poseen capacidad para diferenciar tarifas y solo cuentan con la capacidad de medir el consumo eléctrico. Como evolución de estos surgen los sistemas denominados Automatic Meter Reading (AMR) que permiten medir de manera remota la energía acumulada, registrando las medidas de energía total mensual o por intervalos de tiempo. Éstos contemplan la comunicación bidireccional básica entre el contador y el sistema central. Por último, como evolución de los AMR, surgen los sistemas Automatic Meter Management (AMM) que integrando Smart Meters, proporcionan no sólo la lectura remota del consumo de la energía acumulada, sino que además admiten precios diferenciados por tipo de medida y registros de la demanda o programación de intervalos de carga, pactados con el cliente.

Los sistemas basados en Smart Metering aportan grandes beneficios a los clientes que obtienen un mejor acceso y gestión de la energía que consumen, mejor calidad del servicio, gracias al riguroso cumplimiento de los parámetros de calidad, una facturación acorde a las necesidades y consumo del cliente. También se ven beneficiadas las empresas comercializadoras de servicios energéticos que obtienen un mejor rendimiento en la facturación debida al menor riesgo de errores humanos, reducción del coste de recogida de los datos y mejora de la resolución y detección de incidencias en la red. Por último y el más beneficiado es el medio ambiente, ya que el control del consumo energético garantiza mayor eficiencia en la producción de energía y con ello menor contaminación. Además Smart Metering ofrece una mejor integración de las energías renovables con una menor pérdida de energía y por lo tanto menor necesidad de producción.

3.2.2.2. Descripción de Smart Metering para Electricidad

Como la energía eléctrica no se puede almacenar, al menos de manera eficiente, se debe generar en el mismo instante en que ésta se necesita. La adaptación de la curva de demanda a la curva de generación es uno de los grandes cometidos de la facturación en tiempo real que permite Smart Metering, que garantiza que en la curva de consumo energético disminuyan las crestas y aumenten los valles aplanando así la curva de demanda. Esta facturación hace que parte de los consumidores de las crestas desplacen en la medida de lo

posible su consumo a zonas valle, donde el precio de la electricidad es más reducido. En la Figura 17 se aprecia la curva de consumo eléctrica en un día y se pueden ver los puntos dónde es necesario reducir el consumo, marcados en rojo, para trasladarlos a los puntos mínimos, marcados en verde.

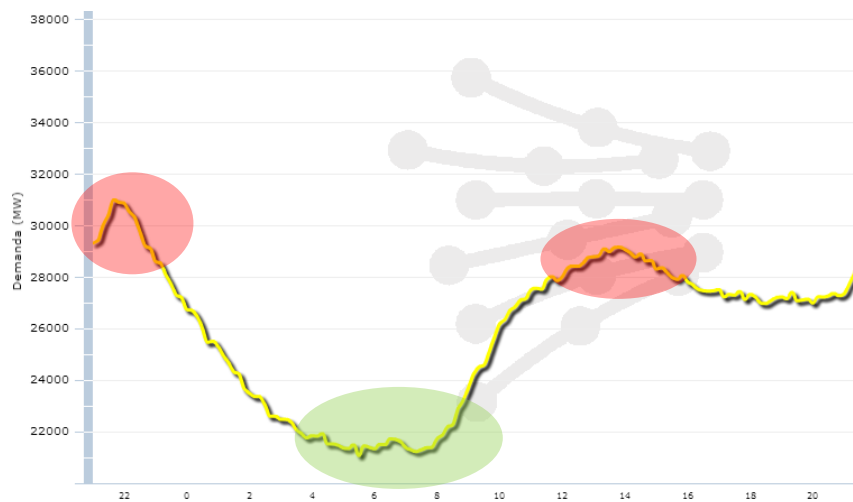


Figura 17. Curva de demanda eléctrica diaria. [22]

Smart Metering tiene una arquitectura de red determinada, representada en la Figura 18. Los elementos más importantes de la arquitectura son:

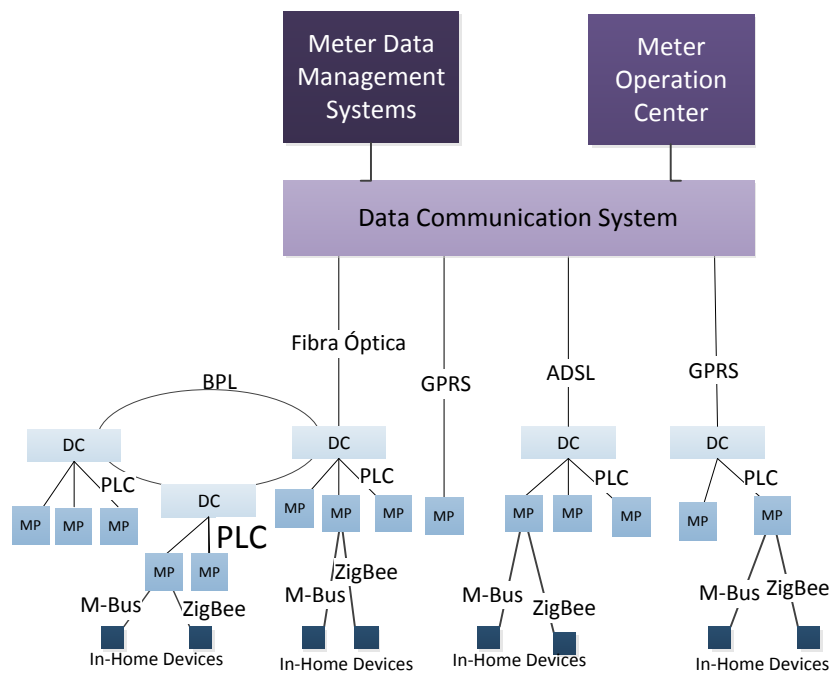


Figura 18. Arquitectura de Smart Metering para electricidad.

- In-Home Display (IHD): Son los dispositivos situados en el interior de los hogares de los usuarios finales y sirven para ofrecerles mecanismos de gestión activa del consumo eléctrico, coste y cantidad de gases de efecto invernadero generados, convirtiendo al consumidor en elemento activo del mercado de la energía, lo que contribuye a controlar la curva de la demanda. Éstas se comunican con los MP a través de Home Area Networks (HAN).
- Meter Point (MP): Se trata del contador inteligente propiamente dicho.
- Data Concentrator (DC): Algunos contadores se agrupan a través de concentradores de datos situados en las subestaciones eléctricas encargadas de la transformación de alta tensión a baja tensión, que pueda ser utilizada por los consumidores. Existe un reducido número de contadores que se quedan fuera del alcance de estas subestaciones y por lo tanto no se agrupan bajo estos concentradores, éste suele ser el caso en áreas rurales.
- Data Communication System: Este sistema, también conocidos bajo el nombre de “head-end”, se encarga de recoger la información de las distintas fuentes de comunicaciones posibles, tanto de tecnologías como de operadores distintos. Es el encargado de manejar las comunicaciones bidireccionales entre los contadores inteligentes y los sistemas que albergan la lógica de negocio y operaciones. Además deberá de dar soporte a las operaciones y funciones que realizan los contadores. Debido a las consideraciones que se han tomado para el desarrollo de la arquitectura software M2M, es dónde se podría localizar la plataforma sin embargo ésta soportará además otros sectores y aplicaciones.
- Meter Data Management (MDM) systems: Es el sistema encargado de la interpretación de la información relacionada con las lecturas eléctricas y es dónde se realizan las operaciones que tienen que ver con el negocio. Es por tanto el sistema interesado de la lectura de la información enviada por Data Communications System.
- Meter Operation Center (MOC): En contraposición con el MDM, este sistema se encarga de las operaciones relacionadas con el funcionamiento del sistema. No interpretará información de lecturas, ni de perfiles de distribución eléctrica, si no que interpretará alarmas, malos funcionamientos en el sistema o fallos en algún componente del sistema.

Además en la arquitectura aparecen varias tecnologías que dan soporte al sistema, entre las que se encuentran:

- Zigbee: Se trata de un conjunto de protocolos de alto nivel enfocados a la comunicación de dispositivos de bajo consumo y bajas tasas de envío de manera

inalámbrica. Utiliza para el acceso al medio y envío de mensajes el estándar 802.15.4 y usa las bandas 868/915 MHz o 2,4GHz. Ofrece tasas de envío de hasta 250Kbps y ofrece un rango de cobertura de entre 20 y 75 metros.

- M-Bus (Meter-Bus): Estándar europeo para la lectura remota de contadores de gas y electricidad que define desde los niveles físicos hasta los de aplicación. Utiliza como medio de transmisión par de cobre aunque es posible utilizar la versión inalámbrica de este protocolo (Wireless M-Bus). La versión inalámbrica de éste tiene una especial importancia en la aplicación de Smart Metering para gas, ya que ésta no utiliza como medio de transmisión el cable si no que utiliza medios inalámbricos y puesto que Wireless M-Bus utiliza la banda de 169MHz tiene gran penetración dentro de edificios, donde suelen estar instalados este tipo de contadores.
- PLC (Power Line Communication): Tecnología que permite ofrecer servicios de comunicaciones a través de la red eléctrica. Se basa en utilizar la línea eléctrica para la transmisión de datos, de forma que se pueda ofrecer servicios de telecomunicación basados en IP. El principal motivo de su uso en Smart Metering para electricidad es que no requiere de nuevos despliegues ya que se reutiliza la infraestructura eléctrica.
- BPL (Broadband over Power Line): Tecnología que proporcionan un acceso de banda ancha mediante la transmisión de datos por las líneas eléctricas, empleando para ello anchos de banda de hasta 30MHz. Se pueden utilizar en esta tecnología los protocolos IEEE P1901, que especifica la capa física y MAC con tasas de transmisión superiores a 100MHz, o ISO/IEC 12139-1, que define la capa física y de control de acceso al medio para el acceso a redes de datos mediante líneas de media y baja tensión y operando debajo de los 30MHz. Al igual que PLC es utilizado debido a que reutiliza el despliegue de red eléctrica.
- GPRS (General Packet Radio Service): Comunicación celular que hace uso de la red radio GSM para realizar el envío de paquetes. [23] Ésta incorpora nuevos nodos para la gestión de los paquetes, que no eran incluidos en GSM, y ofrece una velocidad de transferencia máxima de 172kbps. Aunque existen tecnologías celulares con mejor rendimiento, velocidad de transmisión de datos y mejores servicios, esta tecnología es la más desplegada por el territorio nacional e internacional y ofrece mayor cobertura, notándose una gran mejoría de la cobertura sobre todo en las áreas rurales. Por este motivo y debido a que Smart Metering no requiere una gran velocidad de transferencia se utiliza GPRS frente a otras tecnologías como UMTS, HSPA o LTE.

- ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Loop): Tecnología que se caracteriza por ofrecer tasas de transmisión diferentes para subida y bajada. La voz se multiplexa en las frecuencias bajas (menores a 4KHz) y los datos en las altas, por ello son más propensos a ser afectados por el ruido e interferencias. La velocidad de transferencia depende de la distancia de los terminales a la central.
- Fibra Óptica: Es un medio de transmisión de datos de gran capacidad formado por un fino hilo de vidrio o plástico por el que circula luz como señal portadora de la información. El núcleo del hilo está recubierto por más vidrio o plástico que haga posible su manipulación y a la vez evite que la luz escape de su confinamiento. Para ello ambas partes se construyen con un índice de refracción muy diferente y de esta manera se produce una reflexión y así la luz es conducida a lo largo de la fibra. Se alcanzan tasas de transferencia de entre 2,5 y 10 Gbps. El motivo por el que es utilizada esta tecnología es que durante el despliegue de la red eléctrica, junto con los cables de la red, se instaló fibra óptica y por lo tanto se puede reutilizar como medio de transmisión de datos.

Existen una serie de retos para llevar a cabo una implantación sólida de Smart Metering, empezando por el reemplazamiento de los contadores actuales por los nuevos, lo que supone un altísimo coste para las compañías eléctricas, así como su mantenimiento ya que los terminales actuales tienen un ciclo de vida sustancialmente mayor al de los nuevos “meters”. Otro aspecto a tener en cuenta es la interoperabilidad, la inexistencia de estándares cerrados ofrecen una gran resistencia al despliegue de sistemas AMI. Por último, la seguridad es un gran reto a tener en cuenta debido a la importancia de la privacidad de los datos que se transmiten por la red.

3.2.2.3. Necesidades de Smart Metering para Electricidad

El análisis de las necesidades de esta aplicación específica se centra en dos ámbitos puesto que el dispositivo final se encuentra compuesto por dos elementos: el modem de comunicaciones y el dispositivo de medida. De esta manera se diferencian dos grupos, el primero dedicado exclusivamente a las comunicaciones y el segundo se concentra en el servicio de medida de electricidad.

Se aprecian las siguientes necesidades por parte del grupo dedicado a las comunicaciones:

- Modificar en el dispositivo los parámetros y configuraciones de la capa física, del modelo de referencia OSI.

- Modificar en el dispositivo los parámetros y configuraciones de la capa de enlace, del modelo de referencia OSI.
- Modificar en el dispositivo los parámetros y configuraciones de la capa de red, del modelo de referencia OSI.
- Modificar en el dispositivo los parámetros y configuraciones de la capa de transporte, del modelo de referencia OSI.
- Configurar la lista de prioridades para la selección de la red y operador que se utilizará para la conexión.
- Configurar los procedimientos a seguir para la reconexión a una red u operador más prioritario.
- Configurar los valores umbral para el cambio de red de acceso u operador de red. Estará basado en medidas de calidad de servicio de las distintas tecnologías y cobertura de los operadores.
- Detectar dispositivos ya desplegados en la red así como nuevos dispositivos, independientemente de la red de acceso utilizada.
- Posicionar geográficamente los dispositivos conectados a la red.
- Recoger eventos y alarmas generadas por el dispositivo de comunicaciones, como el aviso de fallos de software o hardware.
- Resetear el modem de comunicaciones y realizar cambios de configuración y actualizaciones de firmware.
- Activar y desactivar todos o parte de los servicios de conectividad a los que se encuentre suscrito el terminal en cuestión.
- Monitorizar la conectividad en tiempo real para detectar, analizar y localizar problemas tanto en el dispositivo de comunicaciones como en la red.
- Recoger eventos ocurridos en la red de acceso y agruparlos según su origen y causa.
- Enviar eventos de manera ordenada cuando se supere el umbral establecido.
- Ajustar del umbral que provocará el envío de eventos a capas superiores de la arquitectura software ya sea para informar al cliente o al soporte.
- Monitorizar el rendimiento de la red: disponibilidad del servicio, completitud, intervalos de tiempo de envío de información.
- Gestionar las claves de seguridad para encriptación de las comunicaciones.
- Crear informes en función de los parámetros monitorizados y alarmas recibidas.

- Realización de test de conexión y diagnósticos de red.

Debido a que la búsqueda de las necesidades del segundo grupo, que hace referencia al servicio de medida de electricidad, puede ser una tarea complicada que requiera el uso de innumerables fuentes e incluso información de difícil acceso, se ha decidido utilizar como herramienta de análisis un protocolo dedicado a la realización de lecturas para Smart Metering.

El protocolo que se utilizará para el análisis de las necesidades es Device Language Message Specification (DLMS), un protocolo de negocio que se encarga de la realización de lecturas de distintos parámetros eléctricos y que incluye otras necesidades de este tipo de aplicaciones. DLMS es un estándar abierto e internacional dedicado al intercambio de datos de contadores inteligentes de cualquier energía que opera sobre distintos tipos de comunicaciones e independientemente del fabricante [24]. Este protocolo ya ha definido un conjunto de funciones que cubren las necesidades de las compañías eléctricas, éstas se ven reflejadas en la lista de Object Identification System (incluida en el Anexo I o [25]). Se han localizado las siguientes necesidades:

- Gestionar los grupos funcionales para conseguir mantener una base de datos de los dispositivos finales por área, tipo de cliente, fabricante, empresa eléctrica.
- Gestionar los dispositivos In-home conectados a un determinado contador para mantener un registro de todos los dispositivos de la red.
- Realizar actualizaciones de software y firmware del dispositivo, mediante la carga de ficheros en éste.
- Cargar módulos software en el dispositivo.
- Controlar los registros de monitorización del contador, para asegurarse de que funciona correctamente.
- Controlar los cortes eléctricos en el contador, si fallase la alimentación a éste.
- Gestionar los errores software o hardware ocurridos en el contador.
- Ajustar los valores umbral para los fallos ocurridos. Alcanzado el umbral se transmitirá un evento a los sistemas necesarios.
- Controlar los valores de medidas ambientales en el emplazamiento físico del contador, como humedad y temperatura.
- Control de los avisos del contador por ruido en la señal eléctrica.
- Gestionar los identificadores del dispositivo, como el número de contador, identificador del fabricante...

- Gestionar la topología de red.
- Almacenar la relación entre identificador del dispositivo final y dirección de red que le corresponde.
- Configurar los puertos del contador para el acceso directo, como los puertos físicos para el acceso desde el emplazamiento donde se encuentra el dispositivo.
- Crear informes con la información recogida en forma de alarmas y eventos, como fallos en los registros de monitorización, cortes eléctricos, errores software o hardware, situación ambiental, ruido en la señal... En los informes se incluirá el tiempo que ha durado el fallo, el número de fallos para un determinado periodo de tiempo, el estado actual...
- Transmitir comandos para la ejecución de scripts en el contador que realizan operaciones concretas.
- Sincronizar el reloj interno del terminal.
- Programar tareas de gestión periódicas o automáticas, como actualizaciones, copias de seguridad....
- Configurar los esquemas de tarificación, periodos de facturación, máximo de potencia contratada, algoritmos para control energético...
- Modificar algoritmos de medida y duración del tiempo que se aplicarán los mismos.
- Leer los perfiles eléctricos que sitúan la máxima potencia que puede proporcionar un contador.
- Leer información relacionada con la electricidad, para ser transmitida a los niveles superiores. Se leerán valores como la potencia activa, reactiva, pulso de salida, potencia aparente, corriente, voltaje, frecuencia, etc.
- Controlar las medidas teniendo en cuenta el número de medidas que se deben realizar frente a las que se han realizado.
- Controlar el estado de los datos relacionados con electricidad.
- Controlar la pérdida de medidas.
- Gestionar las medidas programadas, de acuerdo con un calendario donde se estipulan los momentos en los que se debe de realizar la medida.
- Gestionar la activación y desactivación del servicio eléctrico
- Controlar eventos relacionados con las medidas eléctricas, tales como alarmas relacionadas con el exceso de consumo eléctrico, alarmas en caso de intento de

fraude, alarmas de los registros encargados de las medidas de voltaje corriente y frecuencia.

- Ajustar los valores umbral de distintos parámetros.

3.2.2.4. Desarrollo de Funcionalidades

Para comenzar con el desarrollo se distinguirán las funcionalidades en los dos grupos funcionales expuestos anteriormente, formando así dos capas con distintos cometidos, como se muestra en la Figura 19, y aunque parezcan desacopladas entre sí dependen directamente la una de la otra para garantizar el servicio.



Figura 19. Capas de la arquitectura software M2M.

El primer nivel se corresponde con el grupo funcional dedicado a las comunicaciones que, atendiendo a las necesidades, se puede dividir en dos: gestión de los dispositivos de comunicación y la gestión del servicio de comunicaciones propiamente dichas. Las funcionalidades cubrirán todas las necesidades expuestas en el Punto 3.2.2.3.

La gestión de los dispositivos de comunicación se encarga del control y administración del modem de comunicaciones, incluye todas las configuraciones que deben realizarse en éste. Sus funcionalidades son las siguientes:

- Modificación de parámetros y configuraciones de red. Esta funcionalidad incluye todas las posibles modificaciones en parámetros de los distintos niveles del modelo de referencia OSI, desde el nivel físico hasta el nivel de red.
- Configuración de selección automática de red de acceso. Podrá realizar las siguientes operaciones:
 - ✓ Configuración de prioridades en la lista de redes de acceso y procedimientos a seguir para realizar el cambio de red.

- ✓ Configuración de umbrales que provocan el cambio de red u operador
- ✓ Configuración de lista de prioridades en la lista de operadores y procedimientos para el cambio de red.
- Localización y detección de dispositivos, independientemente de la red utilizada para enviar la información.
- Recogida de eventos y alarmas generados por el dispositivo de comunicaciones.
- Ejecución de operaciones remotas y programadas. Ofreciendo la posibilidad de reiniciar el dispositivo o realizar un reseteo de fábrica.

Por otro lado, la gestión de la conexión se basa en configuraciones e información generada por el operador de red que ofrece conectividad al contador. Las funcionalidades que incluye son las siguientes:

- Activación/desactivación del servicio.
- Administración de problemas de la red. Centrándose en la detección, análisis y localización de problemas en la red de acceso. Estos datos podrán ser reportados a los niveles superiores o sistemas externos.
- Recogida de eventos de la red y ajustes del umbral. Se encarga de la recepción de eventos de la red para agruparlos y ser notificados al sistema correspondiente en caso de superar el umbral establecido. Además este umbral podrá ser modificado.
- Monitorización del rendimiento.
- Gestión de la seguridad en las comunicaciones. Esta funcionalidad está centrada principalmente en la distribución de claves de seguridad de manera segura para garantizar una completa integridad en las comunicaciones.
- Generación de informes, realización de test y diagnósticos. A través de esta funcionalidad se pueden realizar test y diagnósticos para asegurar la viabilidad de las conexiones. Además se pueden realizar informes de los parámetros recogidos por el sistema, en forma de alarmas, problemas de red, estado del servicio...

En la Figura 20 aparecen, de manera resumida, las funcionalidades de la capa de gestión del servicio de comunicaciones descritas anteriormente. Además en la Tabla 5 y Tabla 6 aparecen de manera ordenada las operaciones que incluyen las diversas funcionalidades.

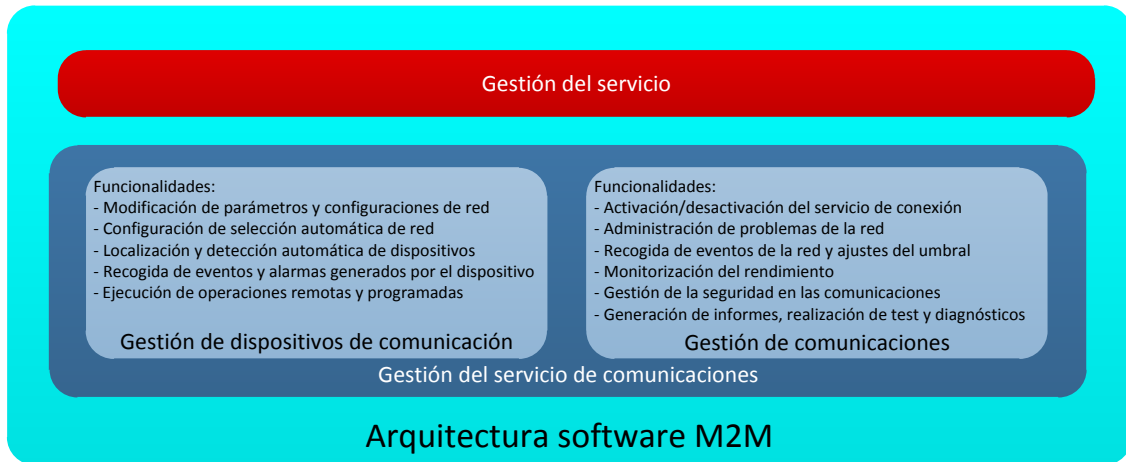


Figura 20. Funcionalidades del nivel 1 para modelo monosectorial.

Funcionalidades	Operaciones
Modificación de parámetros y configuraciones de red	Modificación de parámetros y configuraciones de la capa física Modificación de parámetros y configuraciones de la capa de enlace Modificación de parámetros y configuraciones de la capa de red Modificación de parámetros y configuraciones de la capa de transporte, según el modelo de referencia OSI
Configuración de selección automática de red	Configuración de prioridades en la selección de red y tecnología de acceso a la red Configuración de procedimiento para reconexión a la red prioritaria Configuración de los valores umbral para el cambio de red de acceso Configuración de prioridades en la selección de operador de red a utilizar para el acceso a la red en el caso de tecnologías celulares Configuración de procedimiento para reconexión a la red del operador prioritario Configuración de los valores umbrales para el cambio de operador de red
Localización y detección automática de dispositivos	Detección de dispositivos conectados a la red, independiente de la red de acceso Detección de un nuevo dispositivo conectado a la red, independiente de la red de acceso Localización de dispositivos conectados a la red
Recogida de eventos y alarmas generados por el dispositivo de comunicaciones	Recogida de eventos y alarmas del dispositivo Alarmas de fallos de hardware Alarmas de fallos de software
Ejecución de operaciones remotas y programadas	Reinicio de fábrica Reseteo de fábrica Transmisión de datos para diagnóstico Autoconfiguración del modem tras un reseteo, reinicio de fábrica o primera conexión a la red

Tabla 5. Operaciones de Gestión de dispositivos de comunicación. Modelo monosectorial.

Funcionalidades	Operaciones
Activación/desactivación del servicio de conexión	Activación/ desactivación de todos los servicios de conectividad Modificación de las características del servicio
Administración de problemas en la red	Detección de problemas en la red Análisis de problemas en la red Localización de problemas en la red
Recogida de eventos de la red y ajustes del umbral	Recogida de eventos y alarmas de la red core Agrupación de eventos ocurridos en la red core Envío de notificaciones a niveles superiores de la arquitectura software M2M Envío de notificaciones a sistemas externos Ajuste de valores umbral para los eventos recibidos
Monitorización del rendimiento	Monitorización de la calidad de servicio de las comunicaciones Monitorización del rendimiento de la red
Gestión de la seguridad en las comunicaciones	Gestión de claves de seguridad Gestión de túneles de conexión
Generación de informes, realización de test y diagnósticos	Creación de informes en función de los parámetros monitorizados Creación de eventos en función de alarmas recibidas Realización de test de conexión Realización de diagnósticos de red

Tabla 6. Operaciones de Gestión de comunicaciones. Modelo monosectorial.

A continuación se pasará al desarrollo de las funcionalidades del nivel 2 de la plataforma. Al igual que el nivel de Gestión del servicio de comunicaciones está basado en las necesidades explicadas en el Punto 3.2.2.3 que se pueden agrupar en dos partes: una dedicada al control del terminal específico, en este caso el contador, y otra con el fin de gestionar la información que se recibe de estos dispositivos, denominada gestión de la información de negocio.

En el primer subgrupo, Gestión del terminal específico, se han desarrollado las siguientes funcionalidades para cubrir las necesidades de la empresa eléctrica. En general, aplican tanto al contador como al concentrador de medida así como al equipo In-Home:

- Gestión de grupos funcionales incluyendo dispositivos In-home. La plataforma ofrece una manera sencilla de agrupar los contadores según la razón deseada, ya sea por área, por fabricante, empresa eléctrica, país, etc. Además se tendrá un completo registro de los equipos In-Home conectados a los Smart Meters, así como de los concentradores de medida.
- Actualización e instalación de software y firmware. A través del envío de archivos se podrán realizar actualizaciones e instalaciones de nuevos programas.
- Gestión de alarmas y eventos generados por los dispositivos. Se recibirán y gestionarán todas las alarmas y eventos producidos por los distintos dispositivos de

la red (contadores, concentradores y equipos In-Home) y en función del umbral establecido se propagarán hacia niveles superiores o aplicaciones concretas.

- Administración básica de activos. En los distintos dispositivos (contadores, concentradores e IHD) existe un número que lo identifica inequívocamente, éste debe de estar relacionado con la dirección de red correspondiente en una base de datos que permita acceder a un dispositivo concreto en un momento dado o saber de qué dispositivo proviene una determinada alarma de red. Además esta funcionalidad ofrece la posibilidad conocer la topología de red, fabricante y modelo del dispositivo, así como de auto-registro de dispositivos en caso de instalaciones, sustituciones o eliminaciones.
- Gestión de las funciones de acceso a los dispositivos. Esta función ofrece la posibilidad de realizar las configuraciones pertinentes para permitir la conexión directa a los distintos dispositivos, ya sea físicamente a un puerto óptico de éste o remotamente.
- Gestión de seguridad del dispositivo de medida. Se incluye la gestión, generación y revocación de claves de acceso y encriptación de la información.
- Creación de informes. Esta funcionalidad está diseñada para crear informes de alarmas y errores producidos en los terminales, desde fallos hardware y software hasta información concreta de la situación ambiental que rodea al contador.
- Ejecución de comandos y operaciones programadas. De manera remota es posible realizar tareas o lectura de información del contador, como obtener el valor del reloj del “meter” o sincronización del mismo con el sistema.

El segundo subgrupo está compuesto por las funciones que dan soporte al servicio, en este caso el servicio de lecturas eléctricas. Se aprecian las siguientes funcionalidades:

- Configuración de parámetros en el dispositivo relacionados con información de negocio. Se podrán configurar los esquemas de tarificación, así como periodos de facturación y máximo de potencia contratada. Además se pueden modificar los algoritmos utilizados para el control eléctrico.
- Gestión de la recogida de información de específica del negocio. Esta información no será procesada si no que será transmitida de manera transparente, ya que el propósito de esta plataforma no es el de procesar la información correspondiente al sector específico, de ello se encargarán el sistema externo MDM.
- Recopilación de datos de auditoría. Se ofrece esta funcionalidad con la finalidad de asegurar que el servicio se realiza correctamente, controlando que se realizan todas

las medidas necesarias, que los datos lleguen completos y que no se pierden al ser transmitidos por la red.

- Definición de calendarios de lecturas. Se podrán definir y modificar los calendarios de lecturas.
- Gestión de activación, cambio y desactivación del servicio.
- Control de eventos relacionados con el servicio. Se controlan los eventos producidos por el contador relacionados con el servicio, como el control del fraude, exceso de consumo eléctrico... Además se podrá establecer el umbral que producirá la transmisión de información a otros sistemas, así como el nivel de prioridad de los distintos eventos.

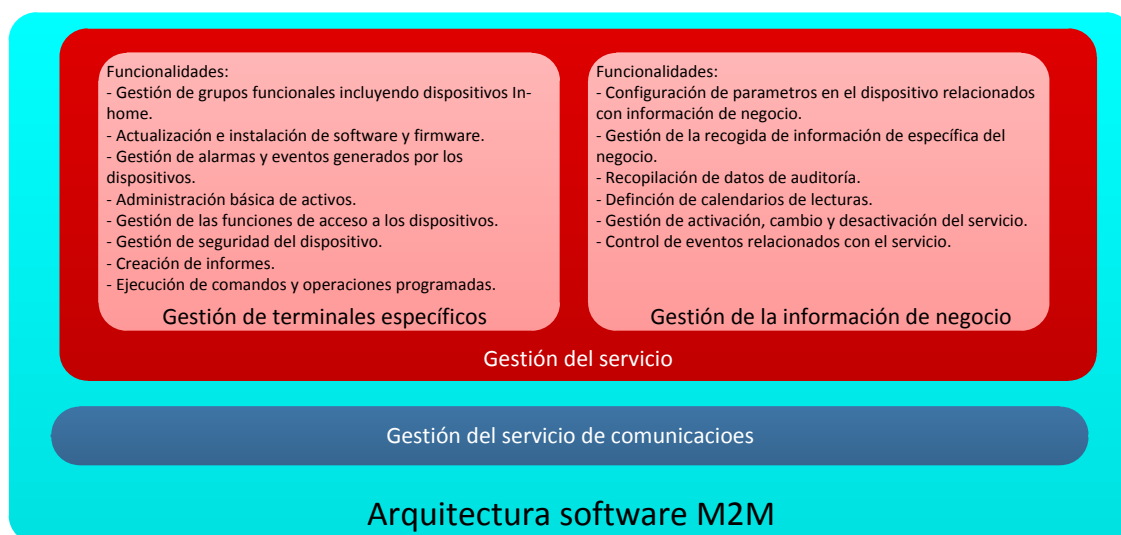


Figura 21. Funcionalidades del nivel 2 para modelo monosectorial.

Se puede apreciar en lo enunciado anteriormente, y de manera gráfica en la Figura 22, una gran analogía entre los dos niveles de la arquitectura software, donde cada una de ellas está compuesta por dos subgrupos, uno dedicado a la gestión específica del dispositivo y otro a la gestión del servicio. Este será el modelo que se seguirá durante todo el desarrollo de la arquitectura software, donde se enmarcarán las funcionalidades de las distintas aplicaciones.

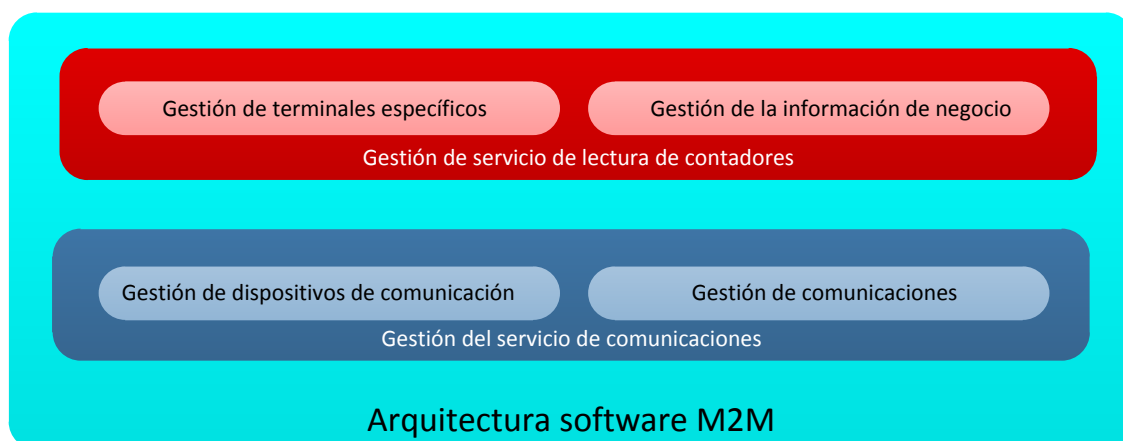


Figura 22. Grupos funcionales del modelo.

En la Tabla 7 y Tabla 8 aparecen las operaciones que podrán realizar las distintas funcionalidades del modelo monosectorial para el nivel 2 de la arquitectura software.

Funcionalidades	Operaciones Electricidad
Configuración de parámetros en el dispositivo relacionados con información de negocio	Configuración del máximo de potencia contratada Configuración de los algoritmos para control energético Configuración de esquema de tarificación Configuración de periodos de tarificación
Gestión de la recogida de información de específica del negocio	Control de perfil de electricidad Gestión de la información de las lecturas (sin procesarla)
Recopilación de datos de auditoría	Control de pérdida de medidas Control para garantizar la completitud de las medidas
Defunción de calendarios de lecturas	Gestión de calendarios de lecturas
Gestión de activación, cambio y desactivación del servicio	Activación/desactivación del servicio Modificación del servicio
Control de eventos relacionados con el servicio	Control e eventos de registros de medida de voltaje, corriente y frecuencia Ajuste de los valores umbral de registros de medida de voltaje, corriente y frecuencia Control de eventos de intento de fraude Control de eventos por exceso de consumo

Tabla 7. Operaciones de Gestión de la información de negocio. Modelo monosectorial.

Funcionalidades	Operaciones Electricidad
Gestión de grupos funcionales incluyendo dispositivos In-home	Registro de dispositivos In-Home conectados Agrupación de contadores, concentradores y dispositivos IHD según distintos criterios: - Tipo de dispositivo - ID del dispositivo - Fabricante - Área - Cliente
Actualización e instalación de software y firmware	Envío de archivos para actualización del software Envío de archivos para actualización del firmware Instalación de software Actualización de software Actualización de firmware
Gestión de alarmas y eventos generados por los dispositivos	Control de avisos del dispositivo por ruido en la señal eléctrica Control de fallos en el suministro eléctrico al dispositivo Control de los errores de hardware originados por el dispositivo Control de los errores software originados por el dispositivo Control de los registros de monitorización del dispositivo Monitorización del estado de las condiciones ambientales: temperatura y humedad Modificación de valores umbral Transmisión de eventos a sistemas externos
Administración básica de activos	Modificación y gestión de identificadores del dispositivo: - Número de Serie - ID del dispositivo - Identificador de red - Identificador de fabricante Gestión de la relación entre ID del dispositivo e identificador de red Gestión de topología de red Auto-registro de dispositivos instalados, sustituidos o eliminados
Gestión de las funciones de acceso a los dispositivos	Configuración de puertos para acceso remoto al dispositivo Configuración de puertos para acceso físico al dispositivo
Gestión de seguridad del dispositivo	Gestión, generación y revocación de claves de acceso y encriptación
Creación de informes	Creación de informes con relación a: -Fallos en el suministro eléctrico -Fallos en registros -Fallos software -Fallos hardware -Situación ambiental -Otros parámetros y fallos registrados
Ejecución de comandos y operaciones programadas	Sincronización de reloj Programar tareas periódicas o automáticas Transmisión de comandos para ejecución de tareas y scripts

Tabla 8. Operaciones de Gestión de terminales específicos. Modelo monosectorial.

3.2.3. Fase 2: Estudio del Sector de Gas

En esta fase se realizará un estudio del sector de gas, de manera análoga a la fase anterior, donde se realizará una descripción de la aplicación Smart Metering para gas y se estudiarán las necesidades que tiene la misma.

3.2.3.1. Descripción de Smart Metering para Gas

Además de la aplicación específica ya descrita anteriormente, dedicada a la medida de la electricidad de manera inteligente, se puede apreciar el concepto de Smart Metering aplicado a otros sectores como el del gas. A diferencia del sector eléctrico que requiere información de la demanda en tiempo real, puesto que la electricidad no puede ser almacenada, el gas puede ser y es almacenado. Por lo tanto esta no es el principal objetivo de Smart Metering para gas, siendo los más importantes la gestión eficiente del consumo de gas por parte del usuario, facilitar el cambio de distribuidor energético al usuario, ofrecer información acerca del coste energético al usuario final y otras funcionalidades adicionales [26].

El proceso de medida de la energía para el control del consumo de gas es un proceso complejo compuesto por dos pasos: en el primero se realiza la medida de la cantidad de volumen de gas que se ha consumido en base en distintos parámetros como el volumen, el flujo la densidad o la masa medida; en el segundo paso se calcula la energía consumida en función del volumen [27]. Los elementos utilizados para la realización de estas medidas son distintos según el tipo de aplicación:

- Aplicaciones residenciales. Interviene únicamente el smart meter, compuesto por el contador y el módulo de comunicaciones.
- Aplicaciones industriales. En este caso se implementan más funciones de medida frente a la anterior, incluyendo el cálculo de volumen y el cálculo de energía. Además se incluye un registro de datos (data logger) encargado de almacenar información relevante para la facturación, validación de datos y procesos de control. En la Figura 23 aparecen representados los distintos elementos utilizados en aplicaciones industriales.

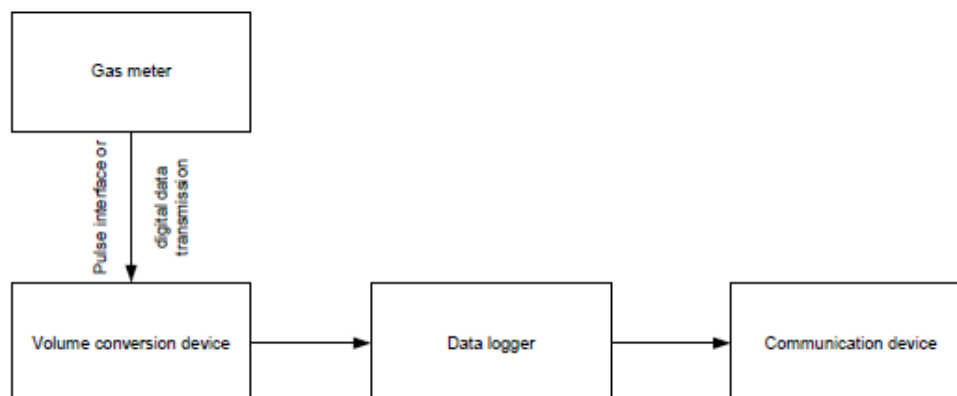


Figura 23. Instalación de aplicación para medida de gas. [27]

- Aplicación de transporte. Estas aplicaciones hacen referencia a aplicaciones residenciales donde habitan varios usuarios. Como se representa en la Figura 24 aparecen dispositivos encargados del cálculo energético, situados en las tuberías que llegan a cada vivienda puesto que esta medida es independiente en cada residencia. También cuenta con un Data Logger y un dispositivo encargado de la medida del valor calorífico. Todos estos dispositivos están conectados por un bus de datos por el que se envía la información hasta el módulo de comunicaciones.

En lo referente a la arquitectura de Smart Metering para gas existen diferencias frente a electricidad ya que esta no dispone de concentradores de datos ni IHD. Además estos dispositivos de medida no reciben alimentación de la red eléctrica por motivos de seguridad, si no que reciben la energía de baterías, lo que imposibilita la conexión entre contadores a través de PLC. Como las tuberías que transportan el gas no disponen de ningún tipo de infraestructura para el envío de información es imprescindible el uso de tecnologías inalámbricas para transmitir datos.

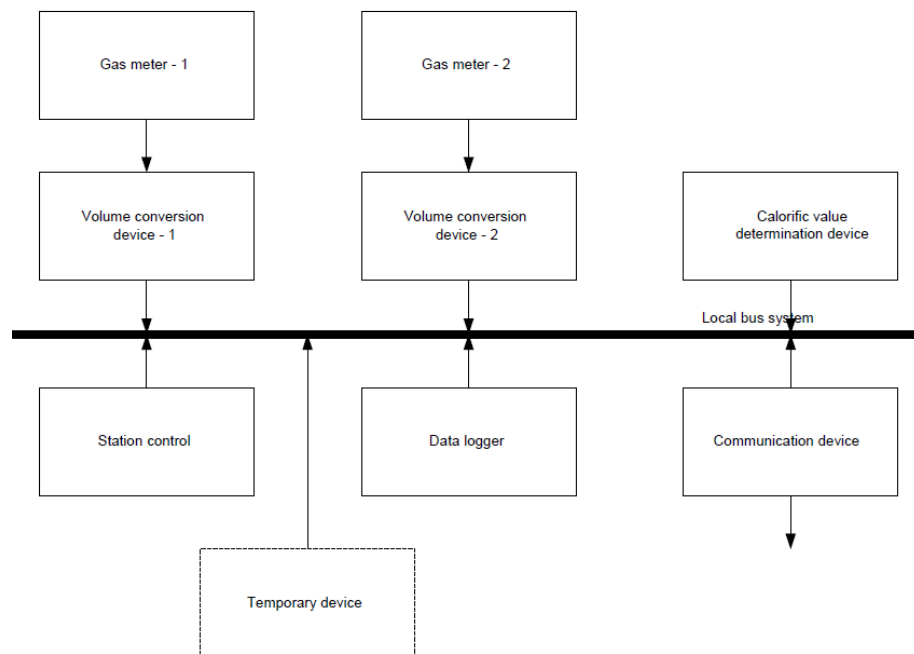


Figura 24. Instalación de aplicación residencial de múltiples viviendas. [27]

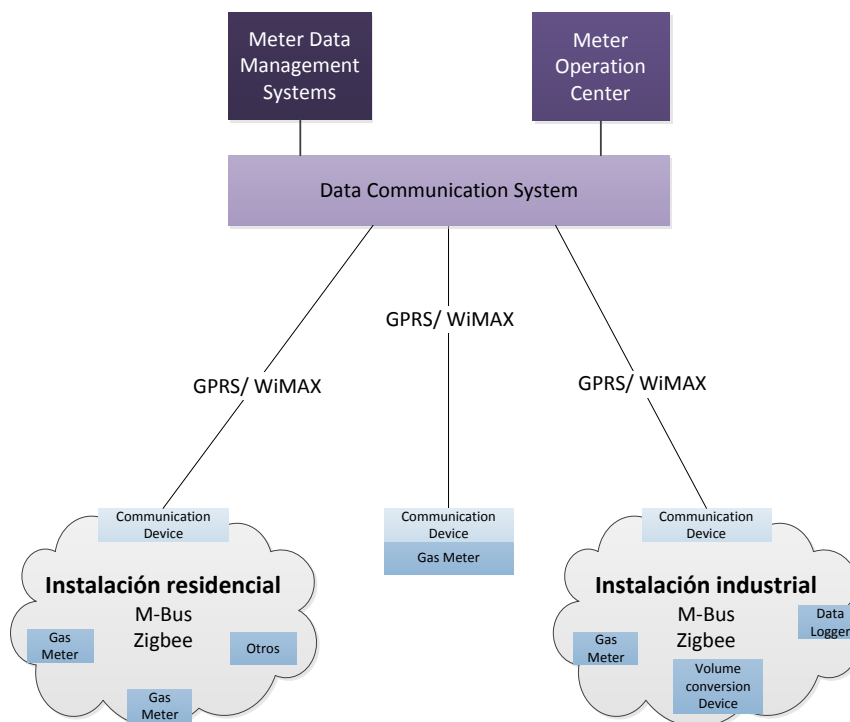


Figura 25. Arquitectura de Smart Metering para gas.

La arquitectura de Smart Metering para gas es muy similar a la de electricidad, como se puede apreciar en la Figura 25. Los principales cambios se producen en las comunicaciones que no utilizan medios cableados, por motivos de seguridad y por el coste de las instalaciones, basando sus comunicaciones en GPRS y WiMAX.

- WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access): diseñado para operar en la banda de 10 – 66 GHz, especifica la capa física y control de acceso al medio de sistemas inalámbricos de banda ancha en la interfaz radio. WiMAX se asemeja a WiFi, pudiendo operar de forma similar y proporcionando una conexión igual de sencilla que permita al dispositivo conectarse automáticamente a la antena WiMAX más próxima disponible cuando esté operativo pero proporcionando velocidades mucho mayores, con mayores rangos de cobertura y mayor capacidad de usuarios.

Además los dispositivos que aparecen en esta aplicación son ligeramente diferentes a los de electricidad, viéndose eliminados los IHD y los concentradores. Por último los sistemas utilizados en la arquitectura son los mismos que los de electricidad, apareciendo de nuevo: Data Communication System, Meter Data Management System y Meter Operation Center.

3.2.3.2. Necesidades de Smart Metering para Gas

De la misma manera que se realizó el estudio de las necesidades para la aplicación de Smart Metering para electricidad se estudiarán las necesidades para gas. La situación de necesidades es similar ya que existen grandes semejanzas entre ambas aplicaciones, pudiéndose distinguir los mismos grupos de necesidades: necesidades de conectividad y necesidades del servicio de medida de gas.

El primer grupo de necesidades es completamente igual a las necesidades de Smart Metering para electricidad ya que la situación de las comunicaciones es exactamente la misma con la salvedad de que son más utilizadas las conexiones inalámbricas que las cableadas. A pesar de ello las necesidades continúan siendo las mismas.

El segundo grupo de necesidades presenta diferencias frente a Smart Metering para electricidad. De manera similar al proceso seguido para la consecución de necesidades de electricidad se utilizará DLMS como herramienta de análisis y su lista de OBIS correspondiente. Las necesidades detectadas son las siguientes:

- Gestionar los grupos funcionales para conseguir mantener una base de datos de los dispositivos finales por área, tipo de cliente, fabricante...
- Realizar actualizaciones de software y firmware del dispositivo, mediante la carga de ficheros en éste.
- Cargar módulos software en el dispositivo.
- Controlar los registros de monitorización del contador, para asegurarse de que funciona correctamente.
- Controlar la batería del contador, si fallase la alimentación del mismo.
- Gestionar los errores software o hardware ocurridos en el contador.
- Ajustar los valores umbral para los fallos ocurridos. Alcanzado el umbral se transmitirá un evento a los sistemas necesarios.
- Controlar los valores de medidas ambientales en el emplazamiento físico del contador, como humedad y temperatura.
- Monitorizar la información del estado del gas que está siendo distribuido, como presión y temperatura. En caso de superarse el valor umbral se notificaría a los sistemas correspondientes.
- Gestionar los identificadores del dispositivo, como el número de contador, identificador del fabricante.

- Gestionar la topología de red.
- Almacenar la relación entre identificador del dispositivo final y dirección de red que le corresponde.
- Configurar los puertos del contador para el acceso directo, como los puertos físicos para el acceso desde el emplazamiento donde se encuentra el meter.
- Crear informes con la información recogida en forma de alarmas y eventos, como fallos en los registros de monitorización, errores software o hardware, situación ambiental... En los informes se incluirá el tiempo que ha durado el fallo, el número de fallos para un determinado periodo de tiempo, el estado actual...
- Transmitir comandos para la ejecución de scripts en el contador que realizan operaciones concretas.
- Programar tareas periódicas o automáticas.
- Activar o desactivar operaciones específicas como el cálculo de error, medida de la presión del gas, cálculo de la compresibilidad...
- Configurar los esquemas de tarificación, periodos de facturación, máximo volumen de gas contratado, algoritmos para cálculo de la compresibilidad del gas, perfiles de gas, constantes de medida...
- Lectura de los perfiles de gas aplicados.
- Leer información relacionada con las lecturas de gas para ser transmitida a los niveles superiores. Se leerán valores como el volumen de gas distribuido, volumen de gas no distribuido, volumen absoluto, energía...
- Controlar las medidas teniendo en cuenta el número de medidas que se deben realizar frente a las que se han realizado.
- Gestionar las medidas programadas, de acuerdo con un calendario donde se estipulan los momentos en los que se debe de realizar la medida.
- Gestionar la duración de las medidas.
- Gestionar la activación y desactivación del servicio de gas.
- Reseteo del registro de contadores.
- Controlar el exceso de consumo.
- Ajustar los valores umbrales de presión y temperatura máximos y mínimos para el gas que se está distribuyendo.

3.2.4. Fase 3: Desarrollo del Modelo Intrasectorial

Una vez analizadas las necesidades de Smart Metering se añadirán las funcionalidades correspondientes a la plataforma para dar soporte a esta aplicación específica. El primer grupo de funcionalidades que correspondiente al nivel 1 de la plataforma se conservará plenamente en el modelo intrasectorial, dado que las necesidades de Smart Metering para gas son las mismas que en el caso de electricidad, siendo el grupo funcional de Gestión del servicio de comunicaciones completamente adaptable para esta aplicación como se muestra en la Figura 26.

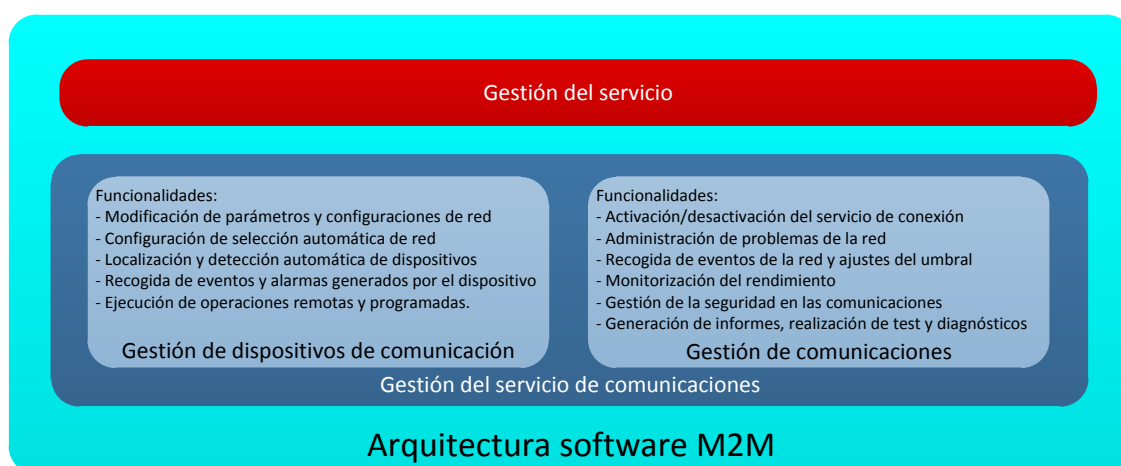


Figura 26. Funcionalidades del nivel 1 para el modelo intrasectorial.

Por otro lado, el nivel 2 de la arquitectura software mantendrá algunas funcionalidades de Smart Metering para electricidad, otras serán ampliadas para dar soporte a gas y otras funcionalidades serán añadidas. Para alcanzar esta segunda aproximación de la plataforma se ha ido asociando cada una de las necesidades de gas en las funcionalidades del modelo monosectorial, con la intención de reaprovecharlo al máximo posible. A continuación se enuncian las funcionalidades del subgrupo Gestión de terminales específicos, en este caso contadores de gas, que serán completamente reutilizadas, sin necesidad de agregación de nuevas operaciones y sin sufrir modificaciones:

- Actualización e instalación de software y firmware.
- Administración básica de activos.
- Gestión de las funciones de acceso a los contadores.
- Gestión de seguridad del dispositivo.
- Creación de informes.

En el mismo grupo las siguientes funcionalidades han sido modificadas para dar soporte a Smart Metering para gas:

- Gestión de grupos funcionales incluyendo dispositivos In-home. Esta funcionalidad no agrega nuevas operaciones, sin embargo no será necesario contemplar los dispositivos In-home ya que aparecen en el caso de gas. Por lo demás, se utilizarán el resto de funcionalidades.
- Gestión de alarmas y eventos generados por los contadores. A esta funcionalidad se han añadido la gestión de eventos específicos provenientes de los contadores de gas. Se ha incluido el control de la temperatura y presión del gas que se distribuye y el control de las baterías.
- Ejecución de comandos y operaciones programadas. A esta funcionalidad se han incluido ciertas operaciones específicas de Smart Metering para gas como la activación y desactivación de control de errores de rendimiento, medida de la presión del gas o cálculo de la compresibilidad. Además se han establecido operaciones para la gestión de la sincronización con el dispositivo y el procedimiento de Wake-Up para alargar la vida de las baterías. Estas operaciones son opcionales y pueden ser activadas o desactivadas a través de esta funcionalidad.

En la Tabla 9 se aprecia de manera más evidente cuales son las funcionalidades comunes y nuevas operaciones de las ya desarrolladas.

Funcionalidades	Operaciones Electricidad	Operaciones Gas
Gestión de grupos funcionales incluyendo dispositivos In-home	Registro de dispositivos In-Home conectados	
	Agrupación de dispositivos según distintos criterios: - Tipo de dispositivo - ID del dispositivo - Fabricante - Área - Cliente	
Actualización e instalación de software y firmware	Envío de archivos para actualización del software Envío de archivos para actualización del firmware Instalación de software Actualización de software Actualización de firmware	
Gestión de alarmas y eventos generados por los dispositivos	Control de avisos del dispositivo por ruido en la señal eléctrica Control de fallos en el suministro eléctrico al dispositivo	Control del estado de gas suministrado: temperatura y presión Control de fallos en la batería del dispositivo
	Control de los errores de hardware originados por el dispositivo Control de los errores software originados por el dispositivo Control de los registros de monitorización del dispositivo Monitorización del estado de las condiciones ambientales: temperatura y humedad Modificación de valores umbral Transmisión de eventos a sistemas externos	
Administración básica de activos	Modificación y gestión de identificadores del dispositivo: - Número de Serie - ID del dispositivo - Identificador de red - Identificador de fabricante Gestión de la relación entre ID del dispositivo e identificador de red Gestión de topología de red Auto-registro de dispositivos instalados, sustituidos o eliminados	
Gestión de las funciones de acceso a los dispositivos	Configuración de puertos para acceso remoto al dispositivo Configuración de puertos para acceso físico al dispositivo	
Gestión de seguridad del dispositivo	Gestión, generación y revocación de claves de acceso y encriptación	
Creación de informes	Creación de informes con relación a: -Fallos en el suministro eléctrico o batería -Fallos en registros -Fallos software -Fallos hardware -Situación ambiental -Otros parámetros y fallos registrados	
Ejecución de comandos y operaciones programadas	Sincronización de reloj	Activación y desactivación de operaciones opcionales: -Cálculo de error de rendimiento -Medida de la presión del gas -Cálculo de compresibilidad Gestión de sincronización y Wake-Up
	Programar tareas periódicas o automáticas. Transmisión de comandos para ejecución de tareas y scripts	

Tabla 9. Operaciones de Gestión de terminales específicos. Modelo intrasectorial.

El segundo subgrupo, Gestión de la información de negocio, presenta dos funcionalidades que reutilizan al 100% de su predecesor, el modelo monosectorial:

- Recopilación de datos de auditoría.
- Activación/desactivación del servicio.

Por otro lado existe un conjunto de funcionalidades que ha sido modificado para dar soporte a las necesidades de gas, reutilizando parte de sus operaciones e incluyendo nuevas:

- Configuración de parámetros en el contador relacionados con información de negocio. Además de las operaciones ofrecidas por esta funcionalidad en el modelo monosectorial, se ofrece la posibilidad de establecer el máximo volumen contratado de gas para un determinado usuario y los algoritmos que se utilizarán para el cálculo de la compresibilidad del gas (ajuste de factores de conversión y ajuste de constantes: presión y compresibilidad).
- Gestión de la recogida de información de específica del negocio. Se ha completado esta funcionalidad con la lectura de los perfiles de gas que se aplica a un cliente y la gestión de la información recibida del contador, en forma de medidas de lecturas de gas para ser entregado al sistema correspondiente. Al igual que ocurría en la aplicación para electricidad, esta información no será procesada solo será enviada a su correspondiente destinatario.
- Definición de calendarios de lecturas. Se ha añadido la posibilidad de ajustar el tiempo de duración de las medidas de gas.
- Control de eventos relacionados con el servicio. Esta funcionalidad ha sido reutilizada parcialmente y se ha incluido en ella la posibilidad de controlar los eventos de temperatura y presión que se registran en el gas que se proporciona al usuario. Además es posible establecer umbrales para estos datos, provocando un evento cuando sean superados.

En la Tabla 10 se representa gráficamente el grado de reutilización de la plataforma para la Gestión de la información de negocio. Finalmente, se representa en la Figura 27 de manera gráfica y resumida las funcionalidades presentes en el modelo intrasectorial.

Funcionalidades	Operaciones Electricidad	Operaciones Gas
Configuración de parámetros en el dispositivo relacionados con información de negocio	Configuración del máximo de potencia contratada Configuración de los algoritmos para control energético Configuración de esquema de tarificación Configuración de periodos de tarificación	Configuración del volumen máximo de gas contratado Configuración de algoritmos para el cálculo de la compresibilidad
Gestión de la recogida de información de específica del negocio	Control de perfil de electricidad Gestión de la información de las lecturas (sin procesarla)	Control de perfil de gas
Recopilación de datos de auditoría	Control de pérdida de medidas Control para garantizar la completitud de las medidas	
Definición de calendarios de lecturas		Gestión de duración de las medidas
	Gestión de calendarios de lecturas	
Gestión de activación, cambio y desactivación del servicio	Activación/desactivación del servicio Modificación del servicio	
Control de eventos relacionados con el servicio	Control e eventos de registros de medida de voltaje, corriente y frecuencia Ajuste de los valores umbral de registros de medida de voltaje, corriente y frecuencia Control de eventos de intento de fraude Control de eventos por exceso de consumo	Control de eventos de temperatura y presión del gas Ajuste de los valores umbral de temperatura y presión del gas

Tabla 10. Operaciones de Gestión de la información de negocio. Modelo intrasectorial.

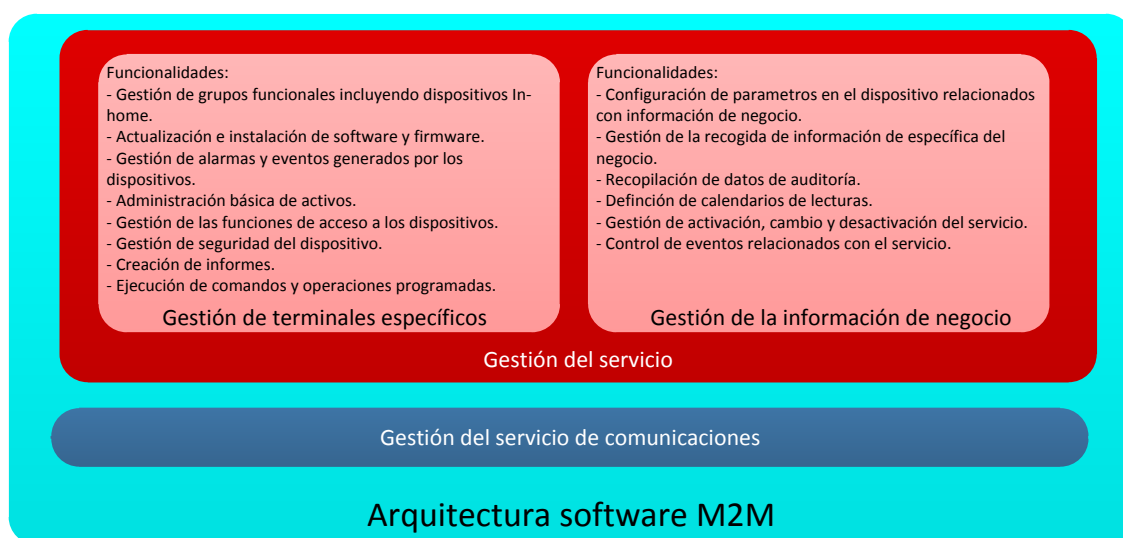


Figura 27. Funcionalidades del nivel 2 para modelo intrasectorial.

3.2.5. Fase 4: Estudio de Sector Financiero

Al igual que en fases anteriores se realizará un estudio del sector financiero, prestando especial atención a la aplicación de Gestión de transacciones mediante Terminal Punto de Venta. También se realizará un análisis detallado de las necesidades de esta aplicación para poder llevar a cabo el servicio.

3.2.5.1. Descripción de Gestión de Transacciones para TPV

Las primeras tarjetas de crédito fueron emitidas en 1914, ofreciendo grandes facilidades a sus usuarios, aunque lejos del pago electrónico. Éstas fueron evolucionando hasta que en los años 80 aparecen las primeras tarjetas de crédito electrónicas, que al atravesar el dispositivo lector permitía a los usuarios disponer de dinero en efectivo a través de los cajeros automáticos (en inglés conocidos como Automated Teller Machine, ATM) en cualquier momento. Sin embargo el crecimiento más importante de este servicio se debió a la implantación de lectores en los comercios que permiten el pago inmediato a través de tarjeta de crédito, conocidos como Terminal Punto de Venta (TPV) o en inglés como Point Of Sale (POS). [28]

M2M tiene importante peso en estas aplicaciones ya que las empresas encargadas de proporcionar el servicio de gestión de transacciones a través de un TPV buscan vías de ahorrar en los costes de despliegue y operación. Además del ahorro sería posible buscar, en un futuro, otras vías de ingresos apoyándose en las instalaciones ya desplegadas, como el despliegue de videocámaras web aprovechando la conexión del TPV o la oferta de WiFi a los clientes a través de dicha conexión. Las comunicaciones M2M ofrecen diversas ventajas a estas aplicaciones en diferentes ámbitos, como el control de los consumibles, la mejora de la reposición de terminales averiados o gestión de vídeo para cámaras web.

Los Terminales Punto de Venta actualmente utilizan conexiones ADSL y GPRS para la transmisión de la información relativa a una venta. Esta información atraviesa la red del operador y se transmite por internet de manera segura hasta la entidad bancaria emisora de la tarjeta que a través de sus sistemas de gestión de transacciones bancarias tramitan el pago. En la Figura 28 se puede apreciar gráficamente este sistema y que lugar ocuparía la plataforma que se está desarrollando, que se encargará de ofrecer de manera transparente la información necesaria a los sistemas de tramitación de pagos y a los sistemas encargados del control de los TPVs.

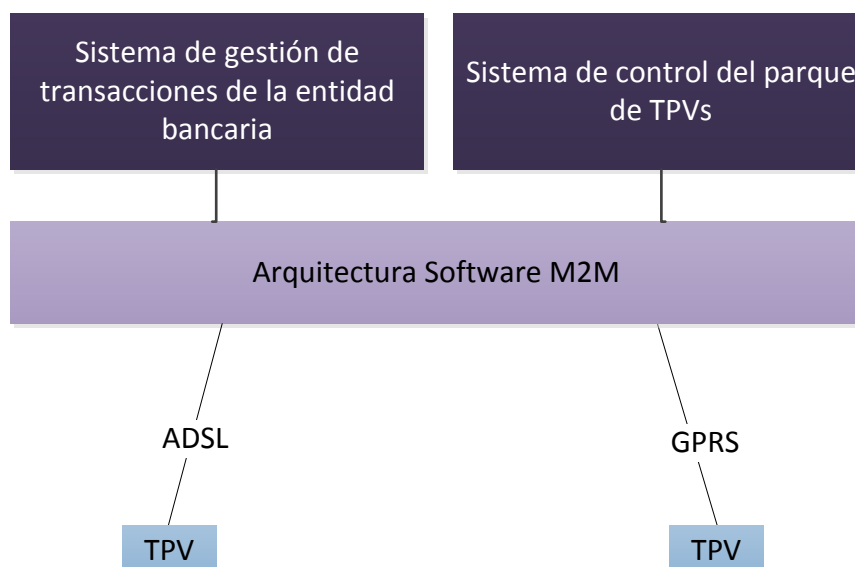


Figura 28. Arquitectura de Gestión de transacciones bancarias mediante TPV.

3.2.5.2. Necesidades de Gestión Transacciones para TPV

Al igual que se hizo en las fases 1 y 2, se estudiarán las necesidades de la aplicación específica. Igualmente se pueden diferenciar dos tipos de necesidades, las correspondientes a la conectividad y las específicas del servicio. Como en los criterios de diseño de la arquitectura software M2M se estipularon ciertos requisitos de conectividad, que evidentemente son cumplidos por las aplicaciones que se han seleccionado, se puede asumir que las necesidades de la Gestión de transacciones remotas a través de TPV para la conectividad son las mismas que las de Smart Metering. Por otro lado, las necesidades específicas de la aplicación difieren en cierta medida de las anteriores. En este caso no se ha encontrado ningún protocolo u herramienta, que de manera similar al procedimiento de análisis seguido en los casos de Smart Metering, que sea útil para el estudio de las necesidades de esta aplicación. Por lo tanto, el estudio de estas necesidades se ha obtenido del conocimiento de esta aplicación.

- Gestionar los grupos funcionales para conseguir mantener una base de datos de los dispositivos finales por área, tipo de cliente, fabricante...
- Realizar actualizaciones de software y firmware del dispositivo, mediante la carga de ficheros en éste, incluyendo en la instalación y actualización de antivirus, ya que los TPVs son vulnerables.
- Cargar aplicaciones en los terminales.
- Controlar la batería del contador, si fallase la alimentación del mismo o si ésta se hubiese deteriorado y su vida útil hubiera terminado.

- Controlar cuando se haya realizado un reseteo del terminal o reinicio de fábrica en acceso local al dispositivo, ya que los usuarios finales pueden realizar este tipo de operaciones que en ciertas ocasiones pueden comprometer el funcionamiento del terminal.
- Gestionar los errores software o hardware ocurridos en el terminal.
- Ajustar los valores umbral para los fallos ocurridos. Alcanzado el umbral se transmitirá un evento a los sistemas necesarios.
- Gestionar los identificadores del dispositivo, como el número de TPV o identificador del fabricante.
- Gestionar la topología de red.
- Almacenar la relación entre identificador del dispositivo final y dirección de red que le corresponde.
- Registrar automáticamente los dispositivos instalados, sustituidos o eliminados de la red.
- Configurar los puertos del contador para el acceso directo, como los puertos físicos para el acceso desde el lugar donde se encuentra el terminal.
- Gestionar los usuarios que tienen acceso al terminal en local. Además se necesitará administrar los permisos que tienen los usuarios.
- Crear informes con la información recogida en forma de alarmas y eventos, como reinicios, errores software o hardware...
- Realizar operaciones remotas como el reseteo del terminal, realizar copias de seguridad y restauraciones, autoconfiguración del dispositivo tras un reinicio o conexión por primera vez a la red...
- Programar tareas periódicas o automáticas.
- Configurar el máximo consumo de datos que puede realizar el terminal, tarifas en la facturación...
- Gestionar el intercambio de información de las transacciones bancarias, las operaciones requeridas por el usuario, la publicidad que se imprime en el ticket...
- Controlar las transacciones fallidas o rechazadas por la entidad bancaria.
- Gestionar la activación, desactivación y modificación del servicio de transacciones bancarias mediante TPV.

- Controlar los eventos relacionados con el servicio como el control de avisos de fraude, el control del fin del papel en el terminal, para hacer una entrega del papel más adecuada y eficiente, control de eventos de fallos de transacciones...

3.2.6.Fase 5: Desarrollo del Modelo Intersectorial

Para finalizar el desarrollo de la plataforma, se incluirán las funcionalidades y las operaciones necesarias para dar soporte a la gestión de transacciones a través de TPV que dará como resultado el modelo intersectorial, concluyendo así el diseño de la arquitectura software M2M propuesta. De manera similar a los desarrollos de modelos anteriores, se utilizarán las necesidades enunciadas en el Punto 3.2.5.2 para alcanzar dicho modelo.

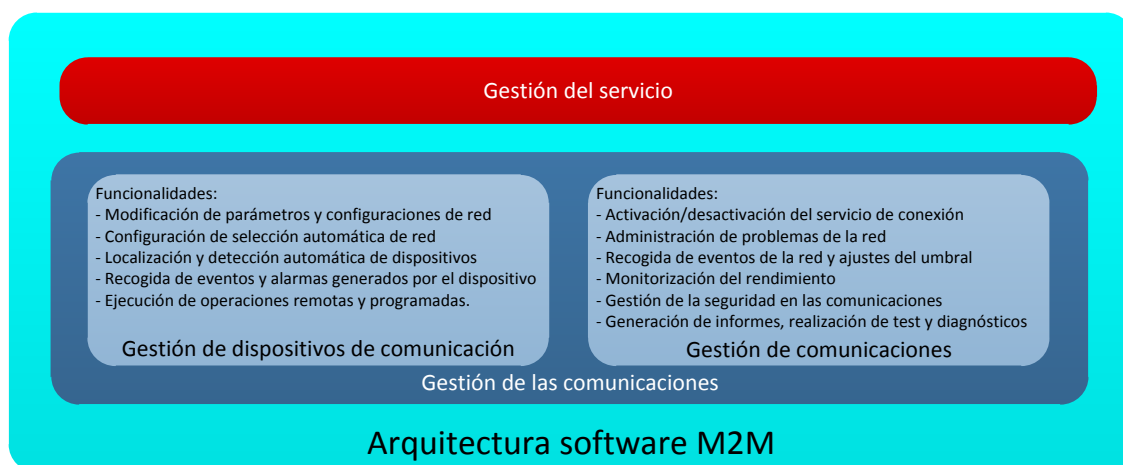


Figura 29. Funcionalidades del nivel 1 para el modelo intersectorial.

Para el nivel 1 de la arquitectura, que hace referencia a la conectividad de la aplicación, se mantendrán todas las funcionalidades descritas en el modelo monosectorial ya que las necesidades son las mismas, como se representa en la Figura 29. Funcionalidades del nivel 1 para el modelo intersectorial.. En el nivel 2 serán necesarias ciertas operaciones específicas de la aplicación que serán soportadas por las diversas funcionalidades, siendo algunas de ellas reutilizadas parcialmente y otras totalmente. Las funcionalidades reutilizadas por este modelo en el grupo de Gestión de terminales específicos son las siguientes:

- Administración básica de activos.
- Gestión de las funciones de acceso a los dispositivos.
- Creación de informes.

Por otro lado existen funcionalidades que ven modificadas sus operaciones para dar soporte a esta aplicación específica:

- Gestión de grupos funcionales incluyendo dispositivos In-Home. En esta funcionalidad se ofrece la posibilidad de gestionar y agrupar los TPVs según distintos criterios, como pueden ser: el tipo de dispositivo, el fabricante del mismo, el identificador, el cliente... En función de estos grupos se podrán realizar operaciones sobre ellos, lo que agilizará su gestión.
- Actualización e instalación de software y firmware. Además de las operaciones ya descritas para esta funcionalidad se añadirán la instalación y actualización de antivirus.
- Gestión de alarmas y eventos. En esta funcionalidad existen ciertas operaciones comunes con las aplicaciones de Smart Metering como: el control de errores de software y hardware, modificación de los valores umbral y la transmisión a sistemas externos; y a su vez han sido añadidas otras como: el control de avisos de reseteo y reinicio de fábrica y el control de avisos de fin de vida de la batería.
- Gestión de seguridad del dispositivo. Se han añadido las operaciones de gestión de usuarios de acceso local así como los permisos que éstos disponen.
- Ejecución de comandos y operaciones programadas. De las operaciones ya definidas en esta funcionalidad se reutilizarán algunas como la programación de tareas periódicas y la transmisión de comandos para la ejecución de tareas. Además se han añadido otras operaciones como el reseteo remoto del terminal, realización y restauración de Back-Ups, reinicio de fábrica y autoconfiguración del TPV.

En la Tabla 11 se muestran gráficamente las funcionalidades y operaciones enunciadas y como se reutilizan algunas de los anteriores modelos.

Funcionalidades	Operaciones Electricidad	Operaciones Gas	Operaciones TPV
Gestión de grupos funcionales incluyendo dispositivos In-home	Registro de dispositivos In-Home conectados		
	Agrupación de dispositivos según distintos criterios: - Tipo de dispositivo - ID del dispositivo - Fabricante - Área - Cliente		

Diseño de Solución Interoperable para Aplicaciones M2M

Actualización e instalación de software y firmware	Instalación y gestión de antivirus Actualización de antivirus		
	Envío de archivos para actualización del software Envío de archivos para actualización del firmware Instalación de software Actualización de software Actualización de firmware		
Gestión de alarmas y eventos generados por los dispositivos	Control de avisos del dispositivo por ruido en la señal eléctrica	Control del estado de gas suministrado: temperatura y presión	Control de avisos de reseteo y reinicio de fábrica del dispositivo
	Control de fallos en el suministro eléctrico al dispositivo	Control de fallos en la batería del dispositivo	Control de aviso de fin de la vida útil de la batería
	Control de los registros de monitorización del dispositivo Monitorización del estado de las condiciones ambientales: temperatura y humedad		
	Control de los errores de hardware originados por el dispositivo Control de los errores software originados por el dispositivo Modificación de valores umbral Transmisión de eventos a sistemas externos		
Administración básica de activos	Modificación y gestión de identificadores del dispositivo: - Número de Serie - ID del dispositivo - Identificador de red - Identificador de fabricante Gestión de la relación entre ID del dispositivo e identificador de red Gestión de topología de red Auto-registro de dispositivos instalados, sustituidos o eliminados		
Gestión de las funciones de acceso a los dispositivos	Configuración de puertos para acceso remoto al dispositivo Configuración de puertos para acceso físico al dispositivo		
Gestión de seguridad del dispositivo			Gestión de usuarios con acceso local Gestión de permisos de usuarios de acceso local
	Gestión, generación y revocación de claves de acceso y encriptación		
Creación de informes	Creación de informes con relación a: -Fallos en el suministro eléctrico o batería -Fallos en registros -Fallos software -Fallos hardware -Situación ambiental -Otros parámetros y fallos registrados -Reseteos y reinicios de fábrica		
Ejecución de comandos y operaciones programadas	Sincronización de reloj	Gestión de sincronización y Wake-Up Activación y desactivación de operaciones opcionales: Cálculo de error de rendimiento, medida de la presión del gas y cálculo de compresibilidad	Reseteo del terminal Restauración de Back-Ups de configuraciones Realización de Back-Ups de configuraciones Reinicio de fábrica Autoconfiguración del dispositivo
	Programar tareas periódicas o automáticas. Transmisión de comandos para ejecución de tareas y scripts		

Tabla 11. Operaciones de Gestión de terminales específicos. Modelo intersectorial.

Por otro lado en la Gestión de la información de negocio se ha reutilizado solo una funcionalidad:

- Gestión de activación, cambio y desactivación del servicio.

Además se han reutilizado otras funcionalidades en las que se han añadido otras operaciones específicas para la Gestión de transacciones mediante TPV:

- Configuración de parámetros en el dispositivo relacionados con información de negocio. En esta funcionalidad no se han reutilizado operaciones, sin embargo las que se han definido se agrupan aquí. Las operaciones que permite realizar esta funcionalidad son la configuración del consumo máximo de datos transmitidos y/o enviados por el terminal y la configuración de tarifas del terminal.
- Gestión de la recogida de información de específica del negocio. Al igual que en la funcionalidad anterior en esta no se han reutilizado operaciones, se han definido otras como la gestión de la información de las transacciones, la gestión de las peticiones realizadas por los usuarios en el TPV y la gestión de la publicidad impresa en el reverso de los tickets. Esta funcionalidad no se encarga de procesar la información recibida, que no concierne a la plataforma, si no que se encarga de enviarla a los sistemas pertinentes que realicen las transacciones y creen y modifiquen la publicidad.
- Recopilación de datos de auditoría. Se controlarán las transacciones bancarias, controlando los fallos producidos en ellas y la completitud de las mismas.
- Control de eventos relacionados con el servicio. Se han definido un conjunto de operaciones que permiten controlar los eventos de papel agotado, máximo consumo alcanzado, control del fraude y eventos de fallos en las transacciones.

En la Tabla 12 se pueden apreciar las distintas funcionalidades así como las que se han reutilizado y las que no del modelo intrasectorial.

Las operaciones de nivel 2 de la arquitectura han cambiado como se aprecia en la Tabla 12, sin embargo las funcionalidades de la plataforma se mantienen como ilustra la Figura 30.

Funcionalidades	Operaciones Electricidad	Operaciones Gas	Operaciones TPV
Configuración de parámetros en el dispositivo relacionados con información de negocio	Configuración del máximo de potencia contratada Configuración de los algoritmos para control energético	Configuración del volumen máximo de gas contratado Configuración de algoritmos para el cálculo de la compresibilidad	Configuración de máximo consumo de datos por el terminal Configuración de tarifas del terminal
	Configuración de esquema de tarificación Configuración de periodos de tarificación		
Gestión de la recogida de información de específica del negocio			Gestión segura de la información de transacciones bancarias Gestión de petición de operaciones específicas por parte del usuario final Gestión de la publicidad impresa en los ticket
	Control de perfil de electricidad	Control de perfil de gas	
	Gestión de la información de las lecturas (sin procesarla)		
Recopilación de datos de auditoría	Control para garantizar la completitud de las medidas Control de pérdida de medidas		Control de transacciones fallidas Control de transacciones rechazadas por la entidad bancaria
Definición de calendarios de lecturas		Gestión de duración de las medidas	
	Gestión de calendarios de lecturas		
Gestión de activación, cambio y desactivación del servicio	Activación/desactivación del servicio Modificación del servicio		
Control de eventos relacionados con el servicio	Control e eventos de registros de medida de voltaje, corriente y frecuencia Ajuste de los valores umbral de registros de medida de voltaje, corriente y frecuencia Control de eventos de intento de fraude	Control de eventos de temperatura y presión del gas Ajuste de los valores umbral de temperatura y presión del gas	Control de avisos de papel agotado Control de eventos de máximo consumo alcanzado Control de fraude Control de eventos de fallos en transacciones
	Control de eventos por exceso de consumo		

Tabla 12. Operaciones de Gestión de la información de negocio. Modelo intersectorial.

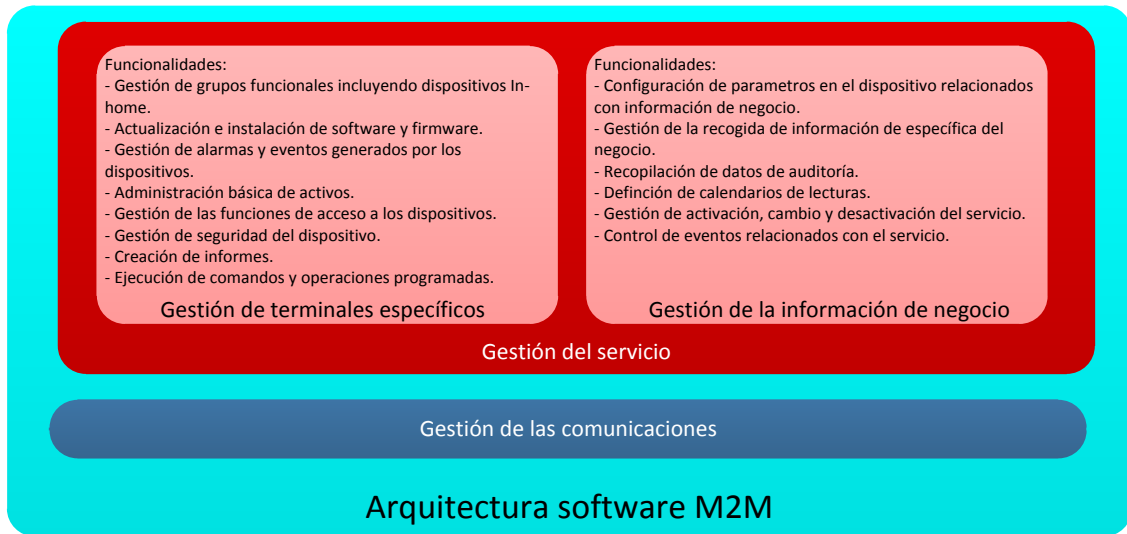


Figura 30. Funcionalidades del nivel 2 para modelo intersectorial.

Capítulo 4:

Análisis de Resultados

4. Análisis de Resultados

En este capítulo se realizará el análisis de los distintos modelos obtenidos durante el desarrollo de la arquitectura software M2M, teniendo en cuenta el grado de reutilización o grado de interoperabilidad entre ellos. De acuerdo con la secuencia de desarrollo de la plataforma se estudiará la reusabilidad de los modelos intrasectorial e intersectorial comprobando que cantidad de operaciones son reutilizadas y cuantas no, obteniendo así un porcentaje en cada uno de los distintos modelos.

4.1. Modelo Final de la Arquitectura

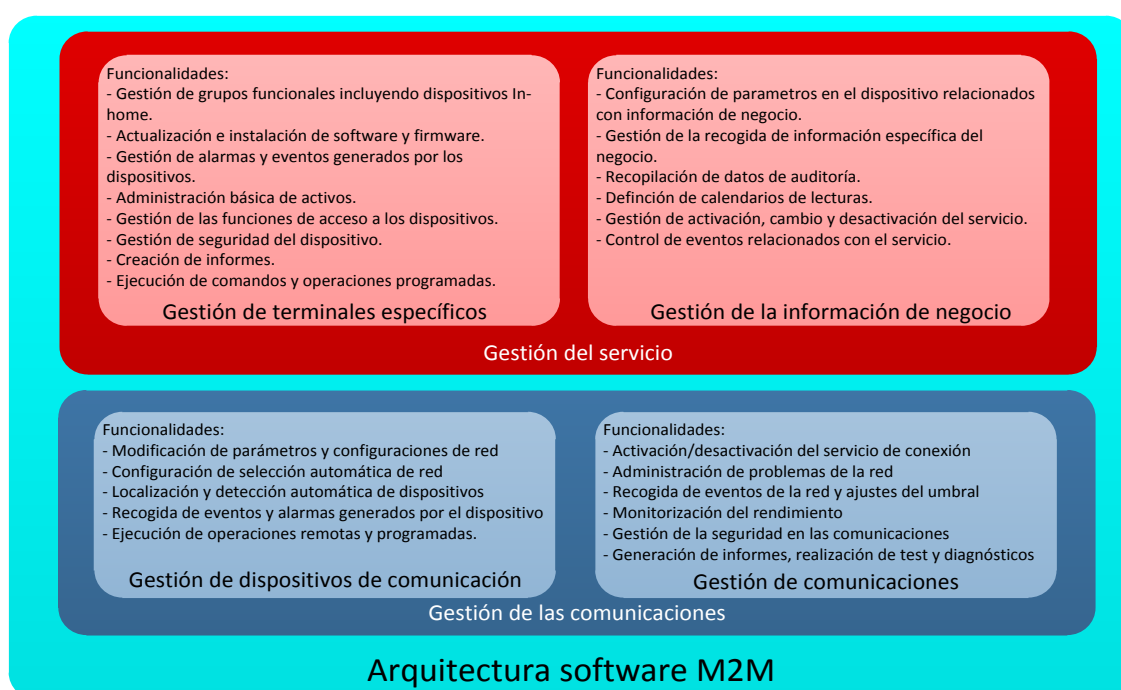


Figura 31. Funcionalidades de la plataforma del modelo final. Reusabilidad del Modelo Intrasectorial

Para comenzar con el análisis de los resultados previamente éstos han de ser expuestos de manera conjunta, ya que hasta ahora se han ido exponiendo separados según la aplicación específica a la que daban soporte. De manera que la solución final, el modelo intrasectorial que abarca diversos sectores y aplicaciones específicas, se ve representada en forma de funcionalidades en la Figura 31 y en forma de operaciones en la Tabla 13, la Tabla 14, la Tabla 15 y la Tabla 16, que muestran los distintos módulos representados en la Figura 31.

Gestión de dispositivos de comunicación	
Funcionalidades	Operaciones
Modificación de parámetros y configuraciones de red	Modificación de parámetros y configuraciones de la capa física Modificación de parámetros y configuraciones de la capa de enlace Modificación de parámetros y configuraciones de la capa de red Modificación de parámetros y configuraciones de la capa de transporte
Configuración de selección automática de red	Configuración de prioridades en la selección de red y tecnología de acceso a la red Configuración de procedimiento para reconexión a la red prioritaria Configuración de los valores umbral para el cambio de red de acceso Configuración de prioridades en la selección de operador de red a utilizar para el acceso a la red en el caso de tecnologías celulares Configuración de procedimiento para reconexión a la red del operador prioritario Configuración de los valores umbrales para el cambio de operador de red
Localización y detección automática de dispositivos	Detección de dispositivos conectados a la red, independiente de la red de acceso Detección de un nuevo dispositivo conectado a la red, independiente de la red de acceso Localización de dispositivos conectados a la red
Recogida de eventos y alarmas generados por el dispositivo de comunicaciones	Recogida de eventos y alarmas del dispositivo Alarmas de fallos de hardware Alarmas de fallos de software
Ejecución de operaciones remotas y programadas	Reinicio Reseteo de fábrica Transmisión de datos para diagnóstico Autoconfiguración del modem tras un reseteo, reinicio de fábrica o primera conexión a la red

Tabla 13. Operaciones de Gestión de dispositivos de comunicación. Modelo final.

Gestión de comunicaciones	
Funcionalidades	Operaciones
Activación/desactivación del servicio de conexión	Activación/ desactivación del todos los servicios de conectividad Modificación de las características del servicio
Administración de problemas en la red	Detección de problemas en la red Análisis de problemas en la red Localización de problemas en la red
Recogida de eventos de la red y ajustes del umbral	Recogida de eventos y alarmas de la red core Agrupación de eventos ocurridos en la red core Envío de notificaciones a niveles superiores de la arquitectura software M2M Envío de notificaciones a sistemas externos Ajuste de valores umbral para los eventos recibidos
Monitorización del rendimiento	Monitorización de la calidad de servicio de las comunicaciones Monitorización del rendimiento de la red
Gestión de la seguridad en las comunicaciones	Gestión de claves de seguridad Gestión de túneles de conexión
Generación de informes, realización de test y diagnósticos	Creación de informes en función de los parámetros monitorizados Creación de eventos en función de alarmas recibidas Realización de test de conexión Realización de diagnósticos de red

Tabla 14. Operaciones de Gestión de comunicaciones. Modelo final.

Gestión de terminales específicos	
Funcionalidades	Operaciones
Gestión de grupos funcionales incluyendo dispositivos In-home	Registro de dispositivos In-Home conectados Agrupación de dispositivos según distintos criterios (tipo de dispositivo, identificador, fabricante...)
Actualización e instalación de software y firmware	Instalación y gestión de antivirus Actualización de antivirus Envío de archivos para actualización del software Envío de archivos para actualización del firmware Instalación de software Actualización de software Actualización de firmware
Gestión de alarmas y eventos generados por los dispositivos	Control de avisos de reseteo y reinicio de fábrica del dispositivo Control de avisos de fin de la vida útil de la batería Control del estado de gas suministrado: temperatura y presión Control de fallos en la batería del dispositivo Control de avisos del dispositivo por ruido en la señal eléctrica Control de fallos en el suministro eléctrico al dispositivo Control de los registros de monitorización del dispositivo Monitorización del estado de las condiciones ambientales Control de los errores de hardware originados por el dispositivo Control de los errores software originados por el dispositivo Modificación de valores umbral Transmisión de eventos a sistemas externos
Administración básica de activos	Modificación y gestión de identificadores del dispositivo Gestión de la relación entre ID del dispositivo e identificador de red Gestión de topología de red Auto-registro de dispositivos instalados, sustituidos o eliminados
Gestión de las funciones de acceso a los dispositivos	Configuración de puertos para acceso remoto al dispositivo Configuración de puertos para acceso físico al dispositivo
Gestión de seguridad del dispositivo	Gestión de usuarios con acceso local Gestión de los permisos de usuarios de acceso local Gestión, generación y revocación de claves de acceso y encriptación
Creación de informes	Creación de informes acorde a los eventos recogidos
Ejecución de comandos y operaciones programadas	Reseteo del terminal Realización de Back-Ups de configuraciones Restauración de Back-Ups de configuraciones Reinicio de fábrica Autoconfiguración del dispositivo Activación y desactivación de operaciones opcionales (cálculo de compresibilidad, error de rendimiento...) Gestión de sincronización y Wake-Up Sincronización de reloj Programar tareas periódicas o automáticas. Transmisión de comandos para ejecución de tareas y scripts

Tabla 15. Operaciones de Gestión de terminales específicos. Modelo final.

Gestión de la información de negocio	
Funcionalidades	Operaciones
Configuración de parámetros en el dispositivo relacionados con información de negocio	Configuración de máximo de consumo de datos por el terminal Configuración de tarifas Configuración del máximo de potencia contratada Configuración de algoritmos para el cálculo de la compresibilidad Configuración del volumen máximo de gas contratado Configuración de los algoritmos para control energético Configuración de esquema de tarificación Configuración de periodos de tarificación
Gestión de la recogida de información de específica del negocio	Gestión segura de la información de transacciones bancarias Gestión de petición de operaciones específicas por parte del usuario final Gestión de publicidad impresa en los tickets Control de perfil de electricidad Control de perfil de gas Gestión de la información de las lecturas (sin procesarla)
Recopilación de datos de auditoría	Control de transacciones fallidas Control de transacciones rechazadas por la entidad bancaria Control de pérdida de medidas Control para garantizar la completitud de las medidas
Defunción de calendarios de lecturas	Gestión de duración de las medidas Gestión de calendarios de lecturas
Gestión de activación, cambio y desactivación del servicio	Activación/desactivación del servicio Modificación del servicio
Control de eventos relacionados con el servicio	Control de avisos de papel agotado Control de eventos de máximo consumo alcanzado Control de fraude Control de eventos de fallos en transacciones Ajuste de los valores umbral de temperatura y presión del gas Control de eventos de temperatura y presión del gas Control de eventos de registros de medida de voltaje, corriente y frecuencia Ajuste de los valores umbral de registros de medida de voltaje, corriente y frecuencia Control de eventos de intento de fraude Control de eventos por exceso de consumo

Tabla 16. Operaciones de Gestión de la información de negocio. Modelo final.

4.2. Análisis del Modelo Intrasectorial

El primer modelo a estudiar será el modelo intrasectorial, atendiendo al flujo de desarrollo de la plataforma. El análisis del grado de reutilización de la plataforma se hará por partes, calculando el porcentaje de operaciones reusadas entre las aplicaciones de Smart Metering y el porcentaje de las operaciones específicas de cada una de ellas.

El primer módulo a estudiar es el de Gestión del servicio de comunicaciones. Atendiendo a los resultados obtenidos y representados anteriormente, se aprecia que está

compuesto por 11 funcionalidades y 38 operaciones en total, de las cuales han sido reutilizadas las 38 operaciones siendo íntegramente reusadas del modelo monosectorial. Por consiguiente, se aprecian los siguientes resultados:

Operaciones específicas de Smart Metering para electricidad:	0
Operaciones específicas de Smart Metering para gas:	0
Operaciones comunes de Smart Metering:	38

De esta manera se puede observar un 100% de reutilización de operaciones del nivel correspondiente al nivel de Gestión del servicio de comunicaciones. Por otro lado se realizará el análisis de las operaciones del nivel dos de la arquitectura software. Ésta requiere de un estudio de mayor profundidad, ya que a diferencia de la anterior no reutiliza todas las operaciones del modelo monosectorial. Para ello se han clasificado las operaciones de cada grupo funcional de este nivel (Gestión de terminales específicos y Gestión de la información de negocio) en tres grupos: operaciones específicas de Smart Metering para electricidad (representados con una “E” en la figura), operaciones específicas de Smart Metering para gas (representados con “G”) y operaciones comunes a ambas aplicaciones (representados con “✓”). Con ello se pretende obtener el número de operaciones de cada uno de estos grupos para calcular el porcentaje de la plataforma que ocupa cada uno de ellos y de esta manera el grado de reutilización.

En la Tabla 17 se muestra la clasificación de las operaciones del subconjunto dedicado a la Gestión de terminales específicos.

Funcionalidades	Operaciones	Uso
Gestión de grupos funcionales incluyendo dispositivos In-home	Registro de dispositivos In-Home conectados	E
	Agrupación de dispositivos según distintos criterios (tipo de dispositivo, identificador, fabricante...)	✓
Actualización e instalación de software y firmware	Envío de archivos para actualización del software	✓
	Envío de archivos para actualización del firmware	✓
	Instalación de software	✓
	Actualización de software	✓
	Actualización de firmware	✓
Gestión de alarmas y eventos generados por los dispositivos	Control del estado de gas suministrado: temperatura y presión	G
	Control de fallos en la batería del dispositivo	G
	Control de avisos del dispositivo por ruido en la señal eléctrica	E
	Control de fallos en el suministro eléctrico al dispositivo	E
	Control de los errores de hardware originados por el dispositivo	✓
	Control de los errores software originados por el dispositivo	✓
	Control de los registros de monitorización del dispositivo	✓
	Monitorización del estado de las condiciones ambientales	✓
	Modificación de valores umbral	✓
	Transmisión de eventos a sistemas externos	✓
Administración básica de activos	Modificación y gestión de identificadores del dispositivo	✓
	Gestión de la relación entre ID del dispositivo e identificador de red	✓
	Gestión de topología de red	✓
	Auto-registro de dispositivos instalados, sustituidos o eliminados	✓
Gestión de las funciones de acceso a los dispositivos	Configuración de puertos para acceso remoto al dispositivo	✓
	Configuración de puertos para acceso físico al dispositivo	✓
Gestión de seguridad del dispositivo	Gestión, generación y revocación de claves de acceso y encriptación	✓
Creación de informes	Creación de informes acorde a los eventos recogidos	✓
Ejecución de comandos y operaciones programadas	Activación y desactivación de operaciones opcionales (cálculo de compresibilidad, error de rendimiento...)	G
	Gestión de sincronización y Wake-Up	G
	Sincronización de reloj	E
	Programar tareas periódicas o automáticas.	✓
	Transmisión de comandos para ejecución de tareas y scripts	✓

Tabla 17. Análisis de operaciones de Gestión de terminales específicos. Modelo intrasectorial.

De este análisis, se obtienen el número de operaciones que corresponden a cada grupo, como se aprecia a continuación:

Operaciones específicas de Smart Metering para electricidad:	4
Operaciones específicas de Smart Metering para gas:	4
Operaciones comunes de Smart Metering:	22
Total de operaciones:	30

Estos datos no son suficientes para calcular el grado de reutilización de este módulo, ya que es necesario realizar el análisis de las operaciones del subconjunto de Gestión de la información de negocio. Para ello se ha repetido el proceso anterior sobre este subconjunto, que se muestra en la Tabla 18.

Funcionalidades	Operaciones	Uso
Configuración de parámetros en el dispositivo relacionados con información de negocio	Configuración del máximo de potencia contratada	E
	Configuración de algoritmos para el cálculo de la compresibilidad	E
	Configuración del volumen máximo de gas contratado	G
	Configuración de los algoritmos para control energético	G
	Configuración de esquema de tarificación	✓
	Configuración de periodos de tarificación	✓
Gestión de la recogida de información de específica del negocio	Control de perfil de electricidad	E
	Control de perfil de gas	G
	Gestión de la información de las lecturas (sin procesarla)	✓
Recopilación de datos de auditoría	Control de pérdida de medidas	✓
	Control para garantizar la completitud de las medidas	✓
Defunción de calendarios de lecturas	Gestión de duración de las medidas	G
	Gestión de calendarios de lecturas	✓
Gestión de activación, cambio y desactivación del servicio	Activación/desactivación del servicio	✓
	Modificación del servicio	✓
Control de eventos relacionados con el servicio	Control e eventos de registros de medida de voltaje, corriente y frecuencia	E
	Control de eventos de temperatura y presión del gas	G
	Ajuste de los valores umbral de temperatura y presión del gas	G
	Ajuste de los valores umbral de registros de medida de voltaje, corriente y frecuencia	E
	Control de eventos de intento de fraude	E
	Control de eventos por exceso de consumo	✓

Tabla 18. Análisis de operaciones de Gestión de la información de negocio. Modelo intrasectorial.

De este análisis se obtienen los siguientes resultados:

Operaciones específicas de Smart Metering para electricidad:	6
Operaciones específicas de Smart Metering para gas:	6
Operaciones comunes de Smart Metering:	9
Total de operaciones:	21

Teniendo en cuenta estos datos y los obtenidos al realizar el análisis de Gestión de terminales específicos se pueden sumar para obtener la cantidad total de operaciones en el módulo de Gestión del servicio:

Operaciones específicas de Smart Metering para electricidad:	10
Operaciones específicas de Smart Metering para gas:	10
Operaciones comunes de Smart Metering:	31
Total de operaciones:	51

Como los datos realmente relevantes son los correspondientes a la arquitectura completa se han sumado los resultados obtenidos de la Gestión del servicio de comunicaciones y Gestión del servicio, quedando de la siguiente forma:

Operaciones específicas de Smart Metering para electricidad:	10
Operaciones específicas de Smart Metering para gas:	10
Operaciones comunes de Smart Metering:	69
Total de operaciones:	89

Estos datos son utilizados para calcular el porcentaje que representa cada grupo de operaciones en el conjunto global de la plataforma, obteniendo los siguientes resultados:

Porcentaje de operaciones de Smart Metering para electricidad:	11,24%
Porcentaje de operaciones de Smart Metering para gas:	11,24%
Porcentaje de operaciones comunes a Smart Metering	77,53%

Se observa una gran cantidad de operaciones comunes, que representa un 78% reutilizadas entre ambas aplicaciones y tan solo un 22% que no es posible reutilizar. De manera gráfica se observa en la Figura 32 el porcentaje que sitúa cada grupo de los anteriores en el conjunto global de la plataforma.

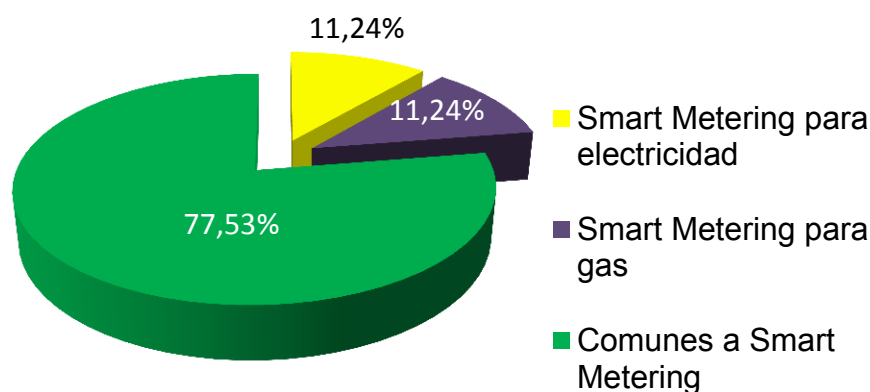


Figura 32. Volumen de grupos de operaciones de la plataforma del modelo intrasectorial.

Por otro lado es importante calcular que porcentaje representan las operaciones comunes en cada aplicación específica, lo que indicará el grado total de reutilización de la plataforma. Los cálculos se harán en base a los datos obtenidos anteriormente aplicados a cada aplicación concreta, de manera que se tienen los siguientes datos para el caso de Smart Metering para electricidad:

Operaciones específicas de Smart Metering para electricidad:	10
Operaciones comunes de Smart Metering:	69
Total de operaciones:	79

Siendo por lo tanto un 87,66% de las operaciones de esta aplicación reutilizadas y un 12,66% específicas para electricidad. Por otro lado el caso de Smart Metering, como las operaciones específicas son las mismas que en electricidad los porcentajes son exactamente los mismos: 12,66% de operaciones específicas y 87,66% son reutilizadas. Se puede apreciar gráficamente el volumen que ocupan las operaciones específicas y reutilizadas en cada aplicación de Smart Metering en la Figura 33.

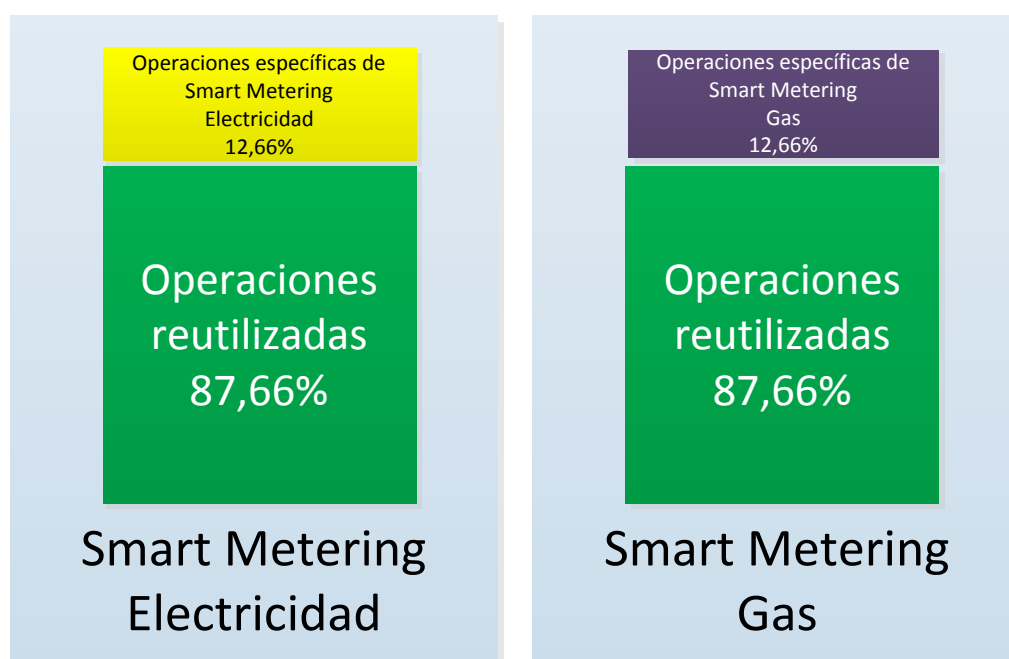


Figura 33. Volumen de operaciones de Smart Metering electricidad y gas. Modelo intrasectorial.

4.3. Análisis del Modelo Intersectorial

De la misma manera que se ha estudiado el modelo intrasectorial se realizará el análisis del modelo intersectorial obtenido, siendo éste el modelo final de la arquitectura software M2M propuesta. En este apartado se observará qué porcentaje de operaciones corresponde a cada aplicación específica, cuáles se mantienen comunes a Smart Metering y cuáles comunes en los distintos sectores.

Para comenzar se analizará el subconjunto de Gestión del servicio de comunicaciones que, al igual que ocurría en el modelo intrasectorial, reutiliza todas las operaciones en los distintos sectores y aplicaciones específicas. Dado que no se han añadido operaciones ni

funcionalidades nuevas en este módulo se mantiene el número, siendo en total de 11 funcionalidades y 38 operaciones. Por lo tanto existirán:

Operaciones específicas de Smart Metering para electricidad:	0
Operaciones específicas de Smart Metering para gas:	0
Operaciones específicas de Gestión de transacciones vía TPV:	0
Operaciones comunes de Smart Metering:	0
Operaciones comunes entre sectores	38
Total de operaciones:	38

Lo que representa un 100% de reutilización de las operaciones entre los distintos sectores. A continuación se realiza el análisis del subconjunto de Gestión del servicio, que se muestra en la Tabla 19. Se han clasificado sus operaciones acorde a si se tratan de operaciones específicas de Smart Metering para electricidad (marcadas con una “E”), específicas de Smart Metering para gas (marcadas con “G”), específicas de gestión de transacciones a través de TPV (marcadas con “T”), comunes a Smart Metering (“SM”) o comunes a los distintos sectores (“✓”). Una vez clasificadas las operaciones de los dos subconjuntos de funcionalidades se realizará, al igual que en el modelo intrasectorial, el cálculo de porcentaje que representa cada una de ellas.

Funcionalidades	Operaciones	Uso
Gestión de grupos funcionales incluyendo dispositivos In-home	Registro de dispositivos In-Home conectados	E
	Agrupación de dispositivos según distintos criterios (tipo de dispositivo, identificador, fabricante...)	✓
Actualización e instalación de software y firmware	Instalación y gestión de antivirus	T
	Actualización de antivirus	T
	Envío de archivos para actualización del software	✓
	Envío de archivos para actualización del firmware	✓
	Instalación de software	✓
	Actualización de software	✓
	Actualización de firmware	✓
Gestión de alarmas y eventos generados por los dispositivos	Control de avisos de reseteo y reinicio de fábrica del dispositivo	T
	Control de avisos de fin de la vida útil de la batería	T
	Control del estado de gas suministrado: temperatura y presión	G
	Control de fallos en la batería del dispositivo	G
	Control de avisos del dispositivo por ruido en la señal eléctrica	E
	Control de fallos en el suministro eléctrico al dispositivo	E
	Control de los registros de monitorización del dispositivo	SM
	Monitorización del estado de las condiciones ambientales	SM
	Control de los errores de hardware originados por el dispositivo	✓
	Control de los errores software originados por el dispositivo	✓
	Modificación de valores umbral	✓
	Transmisión de eventos a sistemas externos	✓

Administración básica de activos	Modificación y gestión de identificadores del dispositivo	✓
	Gestión de la relación entre ID del dispositivo e identificador de red	✓
	Gestión de topología de red	✓
	Auto-registro de dispositivos instalados, sustituidos o eliminados	✓
Gestión de las funciones de acceso a los dispositivos	Configuración de puertos para acceso remoto al dispositivo	✓
	Configuración de puertos para acceso físico al dispositivo	✓
Gestión de seguridad del dispositivo	Gestión de usuarios con acceso local	T
	Gestión de los permisos de usuarios de acceso local	T
	Gestión, generación y revocación de claves de acceso y encriptación	✓
Creación de informes	Creación de informes acorde a los eventos recogidos	✓
Ejecución de comandos y operaciones programadas	Reseteo del terminal	T
	Realización de Back-Ups de configuraciones	T
	Restauración de Back-Ups de configuraciones	T
	Reinicio de fábrica	T
	Autoconfiguración del dispositivo	T
	Activación y desactivación de operaciones opcionales (cálculo de compresibilidad, error de rendimiento...)	G
	Gestión de sincronización y Wake-Up	G
	Sincronización de reloj	E
	Programar tareas periódicas o automáticas.	✓
	Transmisión de comandos para ejecución de tareas y scripts	✓

Tabla 19. Análisis de operaciones de Gestión de terminales específicos. Modelo intersectorial.

En la Tabla 19 se muestra la clasificación de las operaciones de Gestión de terminales específicos del modelo final de la arquitectura, de la cual se obtienen los datos que se representan a continuación:

Operaciones específicas de Smart Metering para electricidad:	4
Operaciones específicas de Smart Metering para gas:	4
Operaciones específicas de Gestión de transacciones vía TPV:	11
Operaciones comunes de Smart Metering:	2
Operaciones comunes entre sectores	20
Total de operaciones:	41

Por otra parte se ha realizado el análisis de las operaciones correspondientes al módulo de Gestión de la información de negocio, de la cual se ha obtenido la siguiente clasificación:

Funcionalidades	Operaciones	Uso
Configuración de parámetros en el dispositivo relacionados con información de negocio	Configuración de máximo de consumo de datos por el terminal	T
	Configuración de tarifas	T
	Configuración del máximo de potencia contratada	E
	Configuración de algoritmos para el cálculo de la compresibilidad	E
	Configuración del volumen máximo de gas contratado	G
	Configuración de los algoritmos para control energético	G
	Configuración de esquema de tarificación	SM
	Configuración de periodos de tarificación	SM
Gestión de la recogida de información de específica del negocio	Gestión segura de la información de transacciones bancarias	T
	Gestión de petición de operaciones específicas por parte del usuario final	T
	Gestión de publicidad impresa en los tickets	T
	Control de perfil de electricidad	E
	Control de perfil de gas	G
	Gestión de la información de las lecturas (sin procesarla)	SM
Recopilación de datos de auditoría	Control de transacciones fallidas	T
	Control de transacciones rechazadas por la entidad bancaria	T
	Control de pérdida de medidas	SM
	Control para garantizar la completitud de las medidas	SM
Defunción de calendarios de lecturas	Gestión de duración de las medidas	G
	Gestión de calendarios de lecturas	SM
Gestión de activación, cambio y desactivación del servicio	Activación/desactivación del servicio	✓
	Modificación del servicio	✓
Control de eventos relacionados con el servicio	Control de avisos de papel agotado	T
	Control de eventos de máximo consumo alcanzado	T
	Control de fraude	T
	Control de eventos de fallos en transacciones	T
	Ajuste de los valores umbral de temperatura y presión del gas	G
	Control de eventos de temperatura y presión del gas	G
	Control de eventos de registros de medida de voltaje, corriente y frecuencia	E
	Ajuste de los valores umbral de registros de medida de voltaje, corriente y frecuencia	E
	Control de eventos de intento de fraude	E
	Control de eventos por exceso de consumo	SM

Tabla 20. Análisis de operaciones de Gestión de la información de negocio. Modelo intersectorial.

Del análisis del subconjunto de Gestión de la información de negocio se obtienen los siguientes resultados:

Operaciones específicas de Smart Metering para electricidad:	6
Operaciones específicas de Smart Metering para gas:	6
Operaciones específicas de Gestión de transacciones vía TPV:	11
Operaciones comunes de Smart Metering:	7
Operaciones comunes entre sectores	2
Total de operaciones:	32

De la suma de estos resultados y de los obtenidos en el análisis de Gestión de terminales específicos se obtienen los datos correspondientes al módulo de Gestión del servicio, que se muestran a continuación:

Operaciones específicas de Smart Metering para electricidad:	10
Operaciones específicas de Smart Metering para gas:	10
Operaciones específicas de Gestión de transacciones vía TPV:	22
Operaciones comunes de Smart Metering:	9
Operaciones comunes entre sectores	22
Total de operaciones:	73

Finalmente para hallar el volumen que representa cada grupo de operaciones frente al total de la arquitectura, se ha realizado la suma de los resultados obtenidos del nivel 1 y 2 de la arquitectura, alcanzando así el total de operaciones agrupadas de la plataforma.

Operaciones específicas de Smart Metering para electricidad:	10
Operaciones específicas de Smart Metering para gas:	10
Operaciones específicas de Gestión de transacciones vía TPV:	22
Operaciones comunes de Smart Metering:	9
Operaciones comunes entre sectores	60
Total de operaciones:	111

Con estos datos se llega al cálculo de porcentajes de cada uno de ellos, mostrados a continuación:

Porcentaje de operaciones de Smart Metering para electricidad:	9,01%
Porcentaje de operaciones de Smart Metering para gas:	9,01%
Porcentaje de operaciones de Gestión de transacciones vía TPV:	19,82%
Porcentaje de operaciones comunes a Smart Metering	8,11%
Porcentaje de operaciones comunes entre sectores	54,05%

Se puede observar como el porcentaje de operaciones comunes a los sectores ha disminuido drásticamente, debido al aumento de las funcionalidades totales, aumentando en las operaciones específicas de cada aplicación específica, tal y como se esperaba y se planteaba en el Punto 3.2.1.

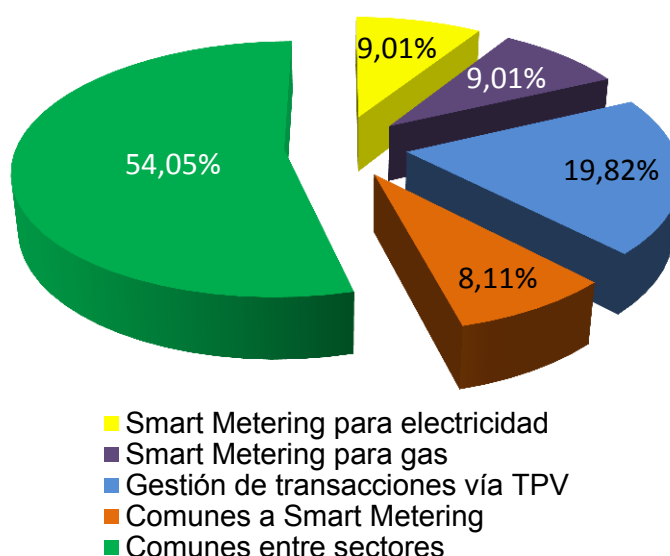


Figura 34. Volumen de grupos de operaciones de la plataforma del modelo intersectorial.

Además de este cálculo, es imprescindible hallar que porcentaje ocupa cada grupo de operaciones para cada aplicación específica, de esta manera se apreciará el grado de interoperabilidad para una determinada aplicación. Los datos de cada una de ellas son los siguientes:

Operaciones específicas de Smart Metering para electricidad:	10
Operaciones comunes a Smart Metering	9
Operaciones comunes:	60
Total de operaciones:	79
Operaciones específicas de Smart Metering para gas:	10
Operaciones comunes a Smart Metering	9
Operaciones comunes:	60
Total de operaciones:	79
Operaciones específicas de Gestión de Transacciones vía TPV:	22
Operaciones comunes :	60
Total de operaciones:	82

Los resultados de Smart Metering tanto para gas como para electricidad son los mismos de manera que el grado de interoperabilidad para estas aplicaciones será igual. A continuación se representan estos valores en forma porcentual para observar el grado de reutilización.

Porcentaje de operaciones específicas de Smart Metering electricidad :	12,66%
Porcentaje de operaciones comunes de Smart Metering:	11,39%
Porcentaje de operaciones comunes:	75,95%
Porcentaje de operaciones específicas de Smart Metering gas :	12,66%
Porcentaje de operaciones comunes de Smart Metering:	11,39%
Porcentaje de operaciones comunes:	75,95%
Porcentaje de operaciones específicas Gestión de Transacciones vía TPVs :	26,83%
Porcentaje de operaciones comunes:	73,17%

Estos resultados se pueden apreciar de manera gráfica en la Figura 35. Se aprecia que el porcentaje que ocupa cada grupo de operaciones en las tres aplicaciones, consiguiéndose un alto grado de reutilización que ocupa más del 70% de las operaciones de la misma.

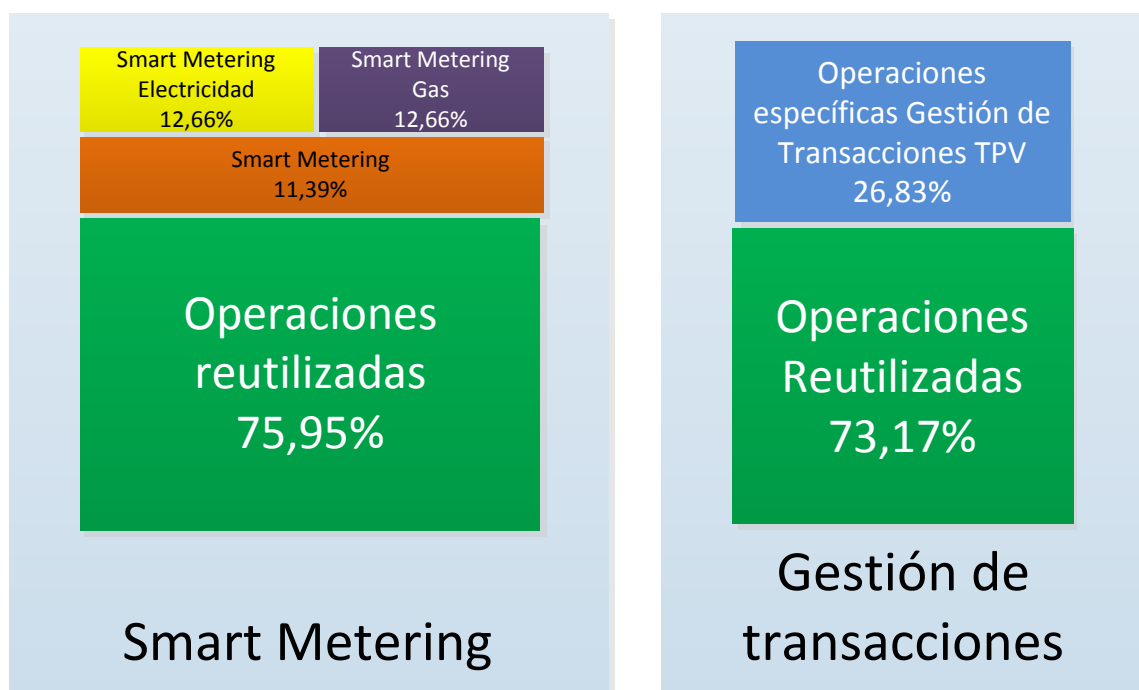


Figura 35. Volumen de operaciones del modelo intrasectorial.

4.4. Conclusión

Del desarrollo de esta arquitectura software M2M se pueden sacar varias conclusiones. La primera observación es la completa reutilización del nivel 1 de la plataforma, dedicada a las comunicaciones. El principal motivo de esta reutilización es que las aplicaciones escogidas comparten los mismos requisitos de conectividad. La reutilización del 100% de las funcionalidades y operaciones garantiza una completa horizontalidad de esta capa, uno

de los principales retos de los desarrollos de M2M, lo que ofrece la posibilidad de adaptarse a múltiples aplicaciones. Por lo tanto se puede concluir que el nivel de Gestión de comunicaciones de la arquitectura software podrá ser reutilizado en su totalidad por las aplicaciones de otros sectores que tengan los mismos requisitos de conectividad y viéndose ligeramente modificada podrá abarcar nuevos sectores que no compartan esos requisitos.

En segundo lugar el nivel 2 de la arquitectura se ha reutilizado ampliamente, consiguiendo más de un 70% de reutilización de las operaciones en los diversos sectores seleccionados. Además de esta reutilización hay que tener en cuenta, en el caso de Smart Metering, que se han reutilizado más operaciones entre las aplicaciones, alcanzando de esta manera en torno al 90% de reutilización.

Además se ha podido comprobar que se han obtenido los resultados esperados en ambos modelos, intrasectorial e intersectorial, en el volumen total de la plataforma. En el modelo intersectorial se esperaba obtener funcionalidades comunes de más de un 50% y que cada una de las aplicaciones de Smart Metering constituyera prácticamente el mismo porcentaje dentro de la plataforma. En los resultados, se ha obtenido un 78% de funcionalidades reutilizadas y representando un 11% cada una de las aplicaciones específicas. Se pueden apreciar la validación de los resultados en la Figura 36.

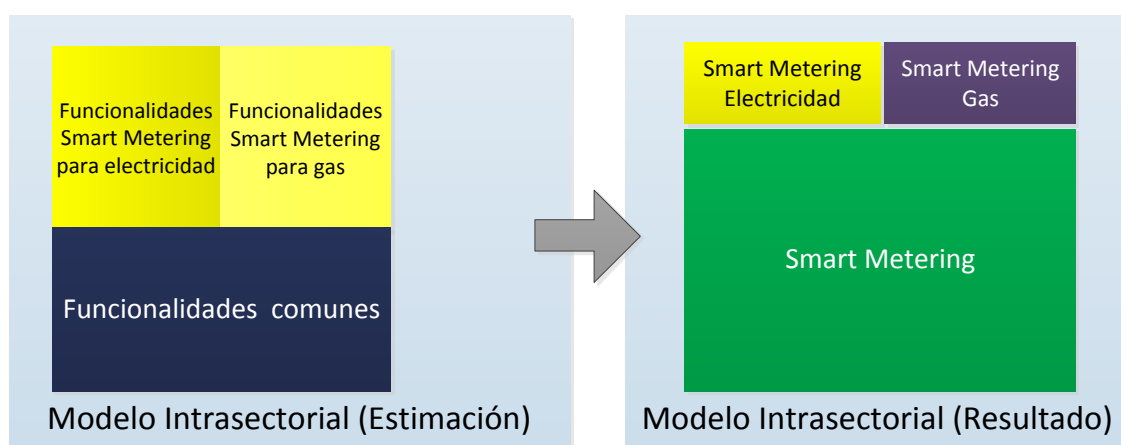


Figura 36. Validación de resultados obtenidos frente a los estimados. Modelo intrasectorial.

El modelo intersectorial también corrobora los datos esperados, en torno al 50% del total de la plataforma está compuesto por operaciones comunes. En la Figura 37 se aprecia la validación de estos resultados con las estimaciones realizadas en el Apartado 3.2.1.

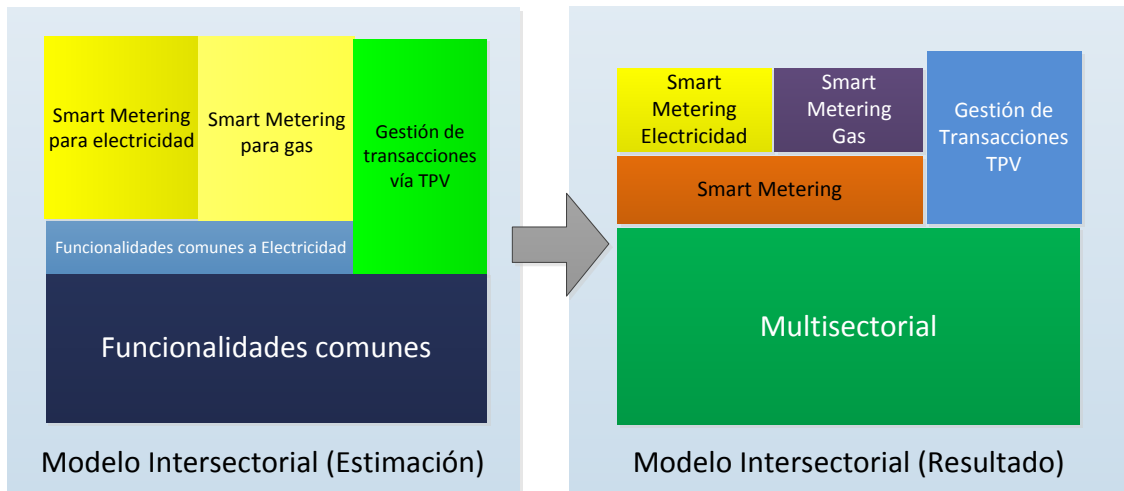


Figura 37. Validación de resultados obtenidos frente a los estimados. Modelo intrasectorial

Finalmente y lo más importante se ha observado un alto grado de interoperabilidad en la plataforma, alcanzando más del 70% en las distintas aplicaciones. Esto implica que el desarrollo de un nuevo sector o aplicación no conlleva un gran desarrollo e implementación de operaciones nuevas, si no que la gran mayoría ya están contempladas en la plataforma. Por lo tanto se puede asegurar que si se incluyera una nueva aplicación, que cumpla los requisitos de desarrollo de la plataforma, tan solo requerirá un desarrollo de un 30% ya que la gran mayoría de la arquitectura es reutilizada de otras aplicaciones ya soportadas por la misma, así que se puede garantizar un 70% de reutilización de la plataforma. Además a medida que se incluyan nuevas aplicaciones el número de funcionalidades y operaciones que podrán reutilizarse será mayor a medida que el volumen de operaciones aumente y de esta manera requerirán un menor esfuerzo a la hora de su desarrollo.

Capítulo 5:

Planificación de la

Continuidad del Proyecto

5. Planificación de la Continuidad del Proyecto

La implementación y desarrollo de la arquitectura software M2M enunciada anteriormente requiere de un equipo de desarrollo especializado con conocimientos de los diversos sectores, aplicaciones, protocolos y equipos hardware. A lo largo de este apartado se especificará la planificación de los próximos pasos a realizar para su desarrollo, incluyendo el tiempo, coste y personal requerido, pudiendo ser el objetivo de sucesivos proyectos.

5.1. Estructura de Evolución de la Arquitectura

Como ya se sabe la plataforma se ha desarrollado teniendo en cuenta las funcionalidades específicas de una aplicación y ampliando las mismas hacia nuevas aplicaciones. La idea de implementación de la arquitectura es exactamente la misma. La única consideración a tener en cuenta es que el crecimiento debe de ser incremental en cuanto a esfuerzo se requiere, empezando por la aplicación con menor cantidad de funcionalidades específicas y aumentando hacia aquella que necesite un desarrollo específico mayor, como se muestra en la Figura 38. De esta manera se asegura que los próximos sectores que se incluirán en la plataforma tendrán mayor soporte de las funcionalidades ya desarrolladas. Además esto permitirá una rápida puesta en marcha de la aplicación y las siguientes, que tengan un alto grado de compatibilidad con ésta obteniendo ingresos para la amortización de la plataforma y asegurar su crecimiento.

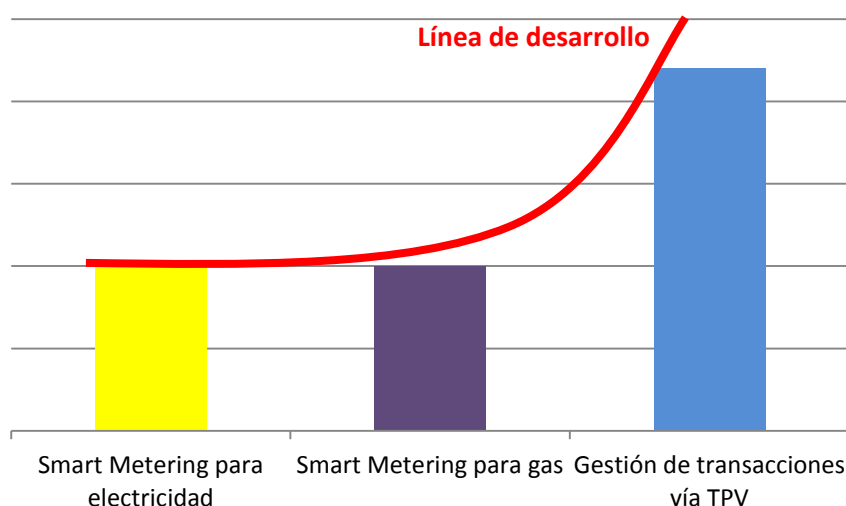


Figura 38. Línea de desarrollo de la plataforma.

Aunque ambas aplicaciones de Smart Metering tienen el mismo número de operaciones específicas y puede parecer irrelevante por cual comenzar, es preferible dar prioridad a Smart Metering para electricidad debido a la alta demanda de este tipo de sistemas.

Por lo tanto para el desarrollo de la plataforma es necesario comenzar por una aplicación concreta, Smart Metering para electricidad, sin perder de vista el objetivo de que ésta sea reusada por otras aplicaciones e ir realizando ampliaciones sobre la misma, adquiriendo así la máxima reutilización posible. Dado que en este proyecto se han planteado las aplicaciones Smart Metering para electricidad, Smart Metering para gas y Gestión de transacciones a través de TPV, la mejor opción sería seguir el mismo procedimiento lógico de desarrollo que se ha seguido para el diseño de las funcionalidades ya realizado. En los siguientes apartados se propondrán una serie de etapas para alcanzar el desarrollo de la plataforma.

5.2. Metodología de Desarrollo de la Plataforma

Para el desarrollo de cada una de las aplicaciones mencionadas se realiza el desarrollo completo de acuerdo a la metodología Modelo en cascada basado en etapas. Este modelo define una serie de etapas que deben de realizarse consecutivamente, siendo cada salida de una etapa la entrada de la siguiente, hasta conseguir el desarrollo completo:

- Plan operativo. Se define el problema a resolver así como los objetivos del proyecto. Esta etapa ya está contemplada en este proyecto, en el Apartado 3.1.
- Especificaciones de requerimientos. Permite entregar una visión de alto nivel del proyecto, enfatizando la descripción del problema. Además se concretan las características y requisitos del software. Se define esta etapa en el Apartado 3.1.1.
- Especificación funcional. Especifica la información sobre la que se desarrollará el software, concretando las funcionalidades y operaciones que realizará el mismo. La especificación funcional está descrita en este proyecto en el Apartado 4.1, como resultado del análisis de los apartados anteriores.
- Diseño. Descripción de los métodos utilizados para que el sistema cumpla con los requisitos y soporte las funcionalidades descritas en la etapa anterior.
- Implementación. Desarrollo del software de acuerdo con las funcionalidades descritas y atendiendo al diseño realizado en la etapa anterior. Además se tratarán en conjunto todos los subsistemas desarrollados a lo largo de esta etapa, de manera que funcionen correctamente enlazándose unos con otros.

- Validación y verificación. Una vez se ha enlazado cada componente se realizan las pruebas para garantizar que cada funcionalidad contemplada por la especificación de funcionalidades se cumple.
- Mantenimiento. Corrección de errores después de la puesta en marcha del software, que no han sido detectados en la etapa anterior. Además se contemplan en esta la mejora en la implementación del sistema.

De acuerdo con estas fases a lo largo de este proyecto se han llevado a cabo las tres primeras, plan operativo, especificación de requisitos y especificación funcional, quedando como objeto de estudio y desarrollo las siguientes. Estas etapas deben de seguirse para cada una de las aplicaciones, como se muestra en la Figura 39, teniendo en cuenta que el desarrollo debe ser lo más modular posible para adquirir la reutilización deseada. Si se consigue realizar un diseño e implementación con un alto grado de modularidad se habrá conseguido el objetivo de esta arquitectura software M2M y por lo tanto la inclusión de aplicaciones en la plataforma requerirá de menor esfuerzo tras el primer despliegue. En los siguientes puntos se describen las etapas a realizar en cada una de las aplicaciones: Smart Metering para electricidad, Smart Metering para gas y Gestión de transacciones mediante TPV; así como una aproximación del esfuerzo que conllevaría cada una de ellas.

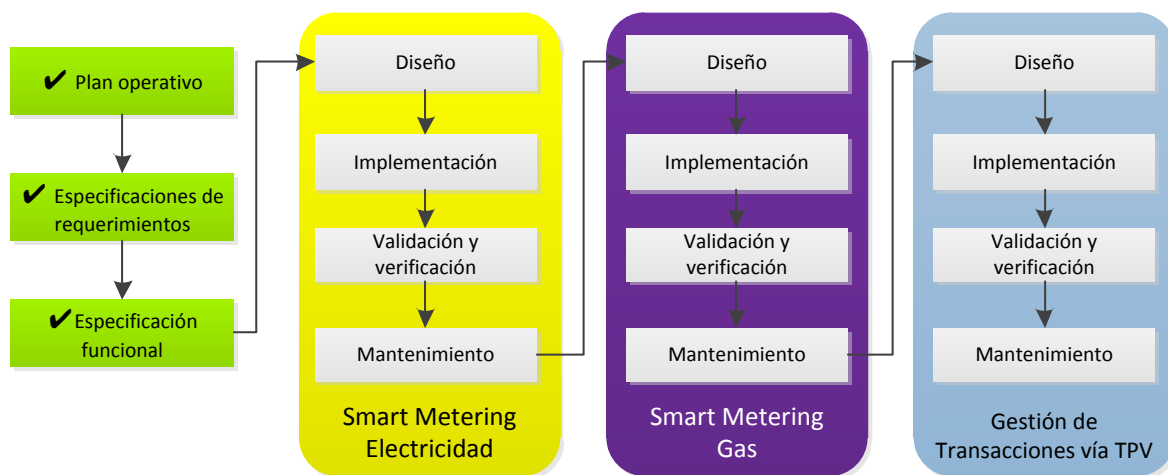


Figura 39. Planificación de desarrollo de la arquitectura software M2M.

5.2.1. Etapas de Desarrollo de Smart Metering para Electricidad

Dado que las primeras etapas ya están contempladas por este Proyecto Fin de Carrera la primera fase que deberá realizarse para el desarrollo de esta aplicación será el Diseño. En ésta se deberán llevar a cabo ciertos estudios que permitan describir detalladamente los métodos utilizados para una posterior implementación. Para ello es imprescindible realizar:

- Análisis de las tecnologías y protocolos disponibles para dar soporte a la plataforma.
- Estudio del contexto que conforma a la aplicación, como dispositivos finales, sistemas con los que deberá integrarse la plataforma, requisitos hardware y software de los dispositivos...
- Análisis y selección del lenguaje de programación que se utilizará para la implementación de la plataforma.
- Desarrollo de la estrategia de implementación de la plataforma.

Para esta etapa se puede estimar una duración de unos 2 meses y un esfuerzo de 6 h-m, contando con 2 ingenieros sénior, con un sueldo de 4000€/mes, y 1 ingeniero junior, con un sueldo de 2000€/mes. El coste de la etapa de diseño será de 20000€ aproximadamente.

Para la etapa de implementación se utilizarán los resultados de los procesos obtenidos en el Diseño, como el lenguaje de programación, protocolos a utilizar y planificación para implementación, que permita llevar a cabo la codificación del software de manera óptima. Para hacer una estimación aproximada al esfuerzo y duración que conlleva la implementación de esta aplicación se ha utilizado el método Puntos de Función, métrica para cuantificar la funcionalidad de un sistema software que permite medir el tamaño del sistema. Los cálculos relacionados con este método se especifican en el Apartado 5.2.1.1 y se puede concluir que esta etapa requerirá un esfuerzo de 30,504 h-m y duración de unos 6 meses, así como de 5 ingenieros junior para la implementación del software, tomando el sueldo de éstos cerca de 2000€ al mes se puede concluir un coste de producción del software de unos 60000€.

A continuación se realizarán las pruebas pertinentes para comprobar el correcto funcionamiento de la plataforma y todos sus componentes y de esta manera corroborar la garantía del servicio de lectura de contadores inteligentes. Se realizarán pruebas unitarias de cada módulo desarrollado, pruebas integradas de varios módulos y subsistemas funcionando conjuntamente y pruebas de estrés para garantizar el funcionamiento en

situaciones extremas de funcionamiento, por ejemplo con una sobrecarga anómala del sistema. Las pruebas se estima que durarán unos 3 meses y medio y supondrán un esfuerzo de 17,5hombre-mes. Se contará con el mismo equipo que en la fase de implementación, 5 ingenieros junior, lo que supone un coste de 35000€

Finalmente, el mantenimiento se llevará a cabo tras la implantación del sistema y su duración y esfuerzo será variable de acuerdo a los problemas derivados del uso de la plataforma.

Atendiendo a las distintas estimaciones realizadas a lo largo de este apartado se puede aproximar una duración del desarrollo de esta aplicación de 11 meses. El coste aproximado será de unos 115000€ sin contar con el mantenimiento.

5.2.1.1. Cálculo de Puntos Función

Para el cálculo es necesario analizar cada una de las funcionalidades de la aplicación, que fueron descritas en el Apartado 3.2.2.4, especificando en cada una de ellas el número de entradas, salidas, consultas, archivos e interfaces utilizadas y el nivel de complejidad de las mismas. Dado que en este proyecto no se ha realizado el Diseño tecnológico de la plataforma y por lo tanto no se tiene un conocimiento completo de cuantos parámetros y complejidad implicará, se hará una estimación de estos datos [29].

Los niveles de complejidad se toman como un factor que se aplica al número de parámetros. En función del parámetro a estudiar su complejidad implicara un factor u otro, tal y como se indica en la siguiente tabla.

Parámetro	Simple	Medio	Complejo
Entradas	3	4	6
Salidas	4	5	7
Consultas	3	4	6
Archivos	7	10	15
Interfaces	5	7	10

Tabla 21. Factores aplicados según la complejidad y el parámetro.

Los parámetros representados en la figura significan:

- Entradas: Procesos elementales en el cual los datos atraviesan el software de afuera hacia adentro. Estos datos en ocasiones son utilizados para mantener uno o más archivos.

- Salidas: Proceso elemental en el cual los datos derivados atraviesan el software de adentro hacia afuera. Los datos crean informes o archivos de salida enviados a otras aplicaciones, estos informes se crean a través de archivos o interfaces.
- Consulta: Proceso elemental con componentes de entrada y salida que resultan de la adquisición de datos de uno o más ficheros o interfaces. El proceso de entrada no actualiza ningún fichero y la salida no contiene datos derivados.
- Ficheros: Grupo de datos definidos por el usuario que están relacionados lógicamente, se albergan en la aplicación y son mantenidos a través de las entradas.
- Interfaces: Grupo de datos definidos por el usuario que están relacionados entre sí y solo son usados para propósitos de referencia. Estos datos se encuentran fuera de la aplicación y son mantenidos por otras aplicaciones.

Para hallar el valor de los puntos función sin ajuste se ha evaluado cada uno de los parámetros para todas las funcionalidades de la plataforma, tal y como se muestra en la Tabla 22.

Función	Entradas		Salidas		Consultas		Archivos		Interfaces		Subtotal
	Nº	Peso	Nº	Peso	Nº	Peso	Nº	Peso	Nº	Peso	
Modificación de parámetros y configuraciones de red	1	4	6	4	4	3	0		4	5	60
Configuración de selección automática de red	1	4	2	7	2	4	2	15	2	5	66
Localización y detección automática de dispositivos	2	6	0		1	4	3	10	2	7	60
Recogida de eventos y alarmas generados por el dispositivo	4	3	6	4	0		1	7	3	5	58
Ejecución de operaciones remotas y programadas	1	6	4	7	4	4	0		1	5	55
Activación/desactivación de servicio de conexión	0		1	5	1	6	0		3	10	41
Administración de problemas de red	5	6	3	7	2	3	1	15	2	7	86
Recogida de eventos de la red y ajustes del umbral	4	3	6	4	0		1	15	1	5	56
Monitorización del rendimiento	3	6	1	5	2	3	1	15	2	10	64
Gestión de la seguridad en las comunicaciones	1	6	1	7	0		2	15	2	10	63

Función	Entradas		Salidas		Consultas		Archivos		Interfaces		Subtotal
	Nº	Peso	Nº	Peso	Nº	Peso	Nº	Peso	Nº	Peso	
Generación de informes, realización de test y diagnósticos	3	6	1	4	1	6	3	15	1	7	80
Gestión de grupos funcionales	1	3	4	4	4	3	2	15	3	7	82
Actualización e instalación de software y firmware	2	4	2	7	1	3	1	15	1	10	50
Gestión de alarmas y eventos generados por los dispositivos	4	3	4	4	0		1	10	3	5	53
Administración básica de activos	1	3	4	4	1	6	2	15	1	7	62
Gestión de las funciones de acceso a los dispositivos	0		2	5	1	4	1	10	1	10	34
Gestión de seguridad del dispositivo	1	6	1	7	0		2	15	2	10	63
Creación de informes	0		0		1	6	3	15	1	7	58
Ejecución de comandos y operaciones programadas	2	6	4	7	4	4	0		1	5	61
Configuración de parámetros en el dispositivo relacionados con información de negocio	2	6	4	4	4	3	0		4	5	60
Gestión de la recogida de información específica del negocio	4	6	2	5	1	6	0		2	10	60
Recopilación de datos de auditoría	4	6	4	4	0		1	15	0		55
Definición de calendarios de lecturas	2	6	2	5	2	4	1	15	1	7	52
Gestión de activación, cambio y desactivación del servicio	0		1	5	1	6	0		3	10	41
Control de eventos relacionados con el servicio	4	3	4	4	0		1	10	3	10	68
Puntos de Función Sin Ajustar:											1488

Tabla 22. Cálculo de Puntos de Función sin ajustar.

Para hallar los puntos función ajustados es necesario hallar el factor de ajuste del esfuerzo. Este factor se obtiene a través de la evaluación con valores de 0 a 5 los diferentes aspectos que influyen al esfuerzo. El rango de valores representa:

Factor	Significado
0	No presente
1	Incidental
2	Moderado
3	Medio
4	Significativo
5	Esencial

Acorde a estos valores se han puntuado los diferentes aspectos relevantes para calcular el esfuerzo, que se aprecian en la Tabla 23.

Aspecto	Descripción	Factor
Comunicación de datos	¿Se requiere implementar mecanismos de comunicación de datos?	5
Procesamiento distribuido	¿Existen funciones que requieren de procesamiento distribuido?	5
Nivel de desempeño	¿Es crítico el desempeño del sistema para el éxito de la gestión?	5
Disponibilidad del software	¿El sistema será ejecutado en un ambiente operativo existente y fuertemente utilizado?	5
Volumen de transacciones	¿Es grande el número de transacciones que el sistema debe de soportar?	4
Ingreso interactivo	¿Requiere el sistema un alto y sofisticado nivel de ingreso interactivo de datos en éste?	4
Interfaz de usuario	¿Es muy compleja y variada la interfaz hacia el usuario?	3
Actualización en línea	¿Se actualiza la base de datos en línea?	4
Complejidad interna	¿Existe un alto nivel de programación de reglas de excepción, cálculos complejos, etc.?	2
Reusabilidad	¿Se ha de diseñar el software para ser reutilizado en otros proyectos?	5
Facilidad de instalación	¿Están incluidas en el diseño de la solución la conversión de datos y la implementación?	4
Complejidad externa de procesamiento	¿Son complejas las entradas, salidas y consultas del sistema?	4
Multiplicidad	¿El sistema deberá soportar múltiples instalaciones para diferentes organizaciones?	3
Adaptabilidad	¿La solución ha sido diseñada para ser fácilmente modificable y que se pueda mantener?	5
Factor de Ajuste del Esfuerzo		58

Tabla 23. Cálculo de Ajuste del Esfuerzo.

Una vez realizados estos análisis es posible calcular el total de Puntos de Función ajustados y en función de estos hallar el esfuerzo y la duración de esta etapa. Para hallar los Puntos de Función ajustados se realiza la siguiente operación:

$$PF = PF \text{ sin ajustar} \times (0,65 + 0,01 \times \text{Ajuste del Esfuerzo}) = 1488 \times (0,65 + 0,01 \times 58)$$

$$PF = 1830,24$$

Para poder hallar el esfuerzo (E) y duración (D) de esta etapa es necesario además determinar el estándar de productividad, expresado en PFs por hombres y mes (PF/h-m). Este valor suele estar entre 50 y 70 PF/h-m de manera que para esta estimación se ha asumido un valor de 60 PF/h-m. A través de estos datos se obtiene:

$$E = \frac{PF}{Productividad} = \frac{1830,24}{60} = 30,504 \text{ h} - m$$

$$D = \frac{E}{Numero \text{ de personas}} = \frac{30,504}{5} = 6,1 \text{ meses}$$

5.2.2. Etapas de Desarrollo para Smart Metering para gas

El proceso de producción del software para Smart Metering para gas será el mismo que el de Smart Metering para electricidad con la salvedad de que el desarrollo de la plataforma será más sencillo debido a que ya no existe la necesidad de desarrollar el 100% de la misma, ya que se ha reutilizado una gran cantidad de funcionalidades y operaciones con Smart Metering para electricidad.

La primera etapa se centrará en el diseño técnico de la plataforma, que requerirá de distintos análisis para facilitar la implementación de las funcionalidades en forma de código. Tanto el análisis de las tecnologías y los protocolos como el análisis y selección del lenguaje de programación requerirán un menor esfuerzo tras la implementación de Smart Metering para electricidad debido a las semejanzas con esta aplicación. Además será necesario realizar un estudio del contexto de la aplicación (dispositivos finales, requisitos hardware y software, sistemas a integrarse con la plataforma...) y una planificación específica para su implementación. Para el cálculo de la duración esfuerzo y coste se aplicará a los datos obtenidos en el diseño de Smart Metering para Electricidad el porcentaje hallado en el Apartado 4.2 de funcionalidades específicas de Smart Metering para Gas, que representa el porcentaje que habrá que implementar de la plataforma ya que el resto es reutilizado. Teniendo en cuenta que el porcentaje es de 12,66% se obtiene un

esfuerzo de esta fase de 0,75 hombre-mes y una duración de menos de 1 mes, contando con 1 ingenieros sénior. Se estima un coste de 5000€.

La etapa de implementación requerirá, de igual manera, de menor esfuerzo para su desarrollo puesto que una gran parte de las funcionalidades ya estarán soportadas e implementadas en la plataforma. En el Apartado 4.2, donde se expresan el grado de interoperabilidad entre las funcionalidades de Smart Metering para electricidad y gas, se observa una reutilización de más de un 87%, por lo tanto se puede estimar que el esfuerzo y duración de implementación de software es un 13% del esfuerzo y duración señalado en el desarrollo de Smart Metering para electricidad. Aplicando el factor de operaciones no reutilizadas, de la misma manera que se hizo para la etapa de diseño, se obtiene un esfuerzo de 3,86 h-m y una duración de 2 meses, contando con 2 ingenieros junior para esta etapa. Esto supone un coste de 8000€ en implementación

La etapa validación y verificación conllevará un esfuerzo y duración inferior al de Smart Metering para electricidad puesto que la implementación de software en esta etapa del proyecto habrá sido menor gracias a la reutilización. De igual manera se aplica el factor del 12,66% para hallar el esfuerzo, que será 2,21h-m, y la duración, que se estima en algo más de un mes. Se utilizarán para esta etapa el mismo personal que se ha encargado de la implementación del software, 2 ingenieros sénior, que suponen un coste de 4000€.

El desarrollo de esta aplicación es sustancialmente más ligero, tanto en tiempo como en coste. La duración total será de 4 meses y un coste total de 17000€. Se aprecia una amplia bajada del coste y tiempo necesario para el desarrollo de la plataforma frente a Smart Metering para electricidad ya que una gran parte de la plataforma es reutilizada.

5.2.3. Etapas de Desarrollo para Gestión de Transacciones vía TPV

La aplicación con la que se culminará el desarrollo de la plataforma propuesta, que podrá ser ampliable a otras manteniendo un alto grado de reutilización y minimizando el esfuerzo, será la Gestión de transacciones bancarias a través de TPV. Ésta se compondrá de las mismas etapas que las anteriores y puesto que el grado de reutilización es menor que en el caso anterior, conllevará un mayor esfuerzo y duración.

De acuerdo a las etapas definidas anteriormente se realizará el Diseño de la aplicación atendiendo a las características de ésta. Se llevarán a cabo análisis similares al diseño realizado en Smart Metering para electricidad:

- Análisis de las tecnologías y protocolos. Será necesario emplear cierto tiempo en conocer que protocolos utilizan los Terminales Punto de Venta para el intercambio de información, de la misma manera es necesario conocer que sistemas forman parte de la aplicación ya que será necesario realizar una integración con ellos.
- Estudio del contexto de la aplicación.
- Planificación de la etapa de implementación.

El lenguaje de programación ya ha sido escogido en anteriores fases de desarrollo de esta plataforma, de manera que se continuará desarrollando el software con el mismo lenguaje aunque se haya cambiado de sector y aplicación específica. Aplicando el factor de operaciones que no pueden ser reutilizadas del modelo intrasectorial, descrito en el Apartado 4.3, se obtendrá el esfuerzo, duración y coste de esta etapa del proyecto. Teniendo en cuenta que el porcentaje no reutilizado de la plataforma es de 26,83% se obtiene un esfuerzo necesario de 1,6 hombre-mes y una duración de aproximadamente un mes y medio, contando con un ingeniero sénior para la realización del diseño. Por lo tanto el diseño de la aplicación será de 6000€.

Por otro lado para la etapa de implementación se puede estimar el esfuerzo y duración de la misma a través de los datos aproximados en Smart Metering para electricidad y aplicando sobre éste el porcentaje de operaciones que no permiten su reutilización. Se obtiene por lo tanto un esfuerzo aproximado de 8,18 hombre-mes y una duración de 2 meses, con un equipo de 4 ingenieros junior para la implementación del software. Esto supone un coste de 16000€.

De igual manera que para realizar el cálculo de duración y esfuerzo para la validación y verificación si se aplica el porcentaje de la plataforma que no ha sido reutilizado se podrán obtener el esfuerzo y duración. Se obtiene un esfuerzo de 4,69 h-m y una duración de algo más de un mes con el trabajo de los 4 ingenieros junior encargados de la implementación. Esto supone un coste de 8000€.

Se aprecia un ligero aumento del coste y duración del proyecto frente a Smart Metering para gas aunque la bajada sigue siendo muy significativa frente al desarrollo de Smart Metering para electricidad. La duración total de este desarrollo será de 4 meses y medio y un coste total de 30000€.

Bibliografía

- [1] "Internet Connected Devices Approaching 10 Billion, to exceed 28 Billion by 2020," 2012.
- [2] "More than 50 Billion connected devices," 2011.
- [3] Barbara Pareglio, "ETSI M2M Architecture Introduction, ETSI M2M Workshop," 2012.
- [4] Min Chen, Jiafu Wan, and Fang Li, "Machine-to-Machine Communications: Architectures, Standards and Applications," vol. 6, no. 2, 2012.
- [5] José Antonio Rodríguez Fernández and José Luis Martín Peinado, *Hablando se entienden las máquinas. Servicios M2M en redes móviles.*: Telefónica I+D, 2005.
- [6] V. Galetic et al., "Basic principles of Machine-to-Machine communications and its impact on telecommunications industry," Opatija, Croacia. , 2011.
- [7] David Boswarthick, Omar Elloumi, and Olivier Hersent, *M2M Communications a System Approach.*: John Wiley & Sons Ltd, 2012.
- [8] Sonia Maldonado. (2012, Octubre) Blog CMT. [Online]. <http://blogcmt.com/2012/10/19/la-evolucion-de-las-lineas-m2m/>
- [9] Página Web de Libelium. [Online]. <http://www.libelium.com/>
- [10] Keith Mallinson, "2020 Vision for LTE," 2012.
- [11] "LTE Release 12: Taking Another Step Toward the Networked Society," 2013.
- [12] Ericsson. Next step in M2M communication with Telenor Connexion. [Online]. <http://www.ericsson.com/news/1507369>
- [13] I.F., Su, W. y Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci. Akyldiz, *Wireless sensor networks: a survey.*: Elsevier Science B.V., 2002.
- [14] Ismail H. Kasimoglu. Ian F. Akyldiz, *Wireless sensor and actor networks: research challenges.*: Elsevier B. V, 2004.
- [15] Philip Russom, "Big Data Analytics," 2011.
- [16] "Analytics: The real-world use of big data," 2012.

- [17] Intel. 40 aniversario de la Ley de Moore. [Online]. <http://www.intel.com/cd/corporate/techtrends/emea/spa/209840.htm>
- [18] Beecham Research, "M2M World of Connected Services," Londres, 2009.
- [19] "Official Journal of the European Union, Volume 55," 1977-0677, 2012.
- [20] AFME, FutuRed, Grupo Tecma Red, *I Congreso Smart Grids: Libro de Comunicaciones*. Madrid: Grupo Tecma Red, 2012.
- [21] José Antonio González, José Ángel Sosa Javier Gamarra, and Jorge Alarcón, "Diseño de Investigación de Implantación de Smart Meters,".
- [22] Red Eléctrica de España. [Online]. <https://demanda.ree.es/demanda.html>
- [23] Rafael Herradón Díez, *Comunicaciones Móviles Digitales, Tema 2: GPRS*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2008.
- [24] Somogyi Tibor, "DLMS- The Application Protocol for Communicating Meters,".
- [25] DLMS User Association. (2005) OBIS list v2.3.
- [26] Facogaz, "Gas Smart Metering System," 2009.
- [27] DLMS User Association, *Identification System and Interface Classes.*, 2010.
- [28] Félix Suárez Camiño, *Sistemas de Pago Emergentes con Móvil*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2012.
- [29] Jorge Elliott, "Administración de Proyectos de Software," UDP- Ingeniería Civil Informática,.